Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON
ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST LAMLA

BEIRAT:
J. BARTELS • E. BEDERKE • H. BROCKMANN • P. TEN BRUGGENCATE • C. W. CORRENS • H. J. DEUTICKE
H. v. FICKER • R. GRAMMEL • O. HAHN • R. HARDER • M. HARTMANN • W. HEISENBERG • K. HENKE
A. KUHN • M. v. LAUE • H. MARTIUS • R. W. POHL

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

42. JAHRGANG **HEFT 12 (ZWEITES JUNIHEFT)** **1955**

INHALT:

Seite

AUFSÄTZE.

Enrico Fermi †. Von V. F. Weisskopf 353

Über Rückreaktionen bei der Photosynthese. Von H. Gaffron und J. Rosenberg 354

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Ermittlung der Randspannung bei querkraftfreier Biegung mit gemischt elastisch-plastischer Verformung. Von A. Troost 364

Origin of Double Maxima in the K-Edge of some Potassium Compounds. Von A. N. Nigam 365

Die Träger der Flammenspektren der Erdalkalimetalle. Von A. Lagerqvist und L. Huldt 365

Reversal in the Magnetic Susceptibility of an Electret-Forming Material. Von S. D. Chatterjee and N. G. Sutradhar . 366

Ein Lackumhüllungsverfahren für elektronenoptische Untersuchungen an anorganischen Substanzen. Von H. Sitte . 366

Ein einfaches Ultramikrotom mit thermischem Vorschub. Von H. Sitte 367

Magnification of Resolution of Electrophoretic Sorting Patterns. Von A. Kolin 367

Der Sauerstoffgehalt von Titan-Jodid-Stäben. Von St. Koncz, St. Szántó und H. Waldhauser 368

Über den Bindungsmechanismus bei O—H···O Wasserstoffbrücken. Von L. Hofacker und O. Glemser 369

Zur orientierten Abscheidung organischer Stoffe auf organischen Trägerkristallen. Von M. Brandstätter und A. Martinek 369

Seite

Chromatographische Zerlegung von „Crotoxin" in zwei verschiedene Wirkstoffe. Von W. P. Neumann 370

Acetyl-INH-Hydrolyse durch Serum. Von M. Wenzel . . . 370

Zur Reihenfolge der Aminosäuren in der Peptidkette des Tabakmosaikvirus. Von G. Braunitzer 371

Nachweis von Oxyphenylserindecarboxylase in Nebennierenmark und im Sympathicus verschiedener Tiere. Von E. Werle und J. Jüntgen-Sell 371

Über die Unterscheidung lebender und toter Hefezellen durch Fluorochromierung mit Berberinsulfat. Von E. Geissler . 372

Eine Methode zur Erhaltung von homozygoten Chlorophyllmutanten. Von B. Abel 372

Incidence of Fungistatic Organisms in the Rhizosphere of Pigeonpea (*Cajanus cajan*) in Relation to Resistance and Susceptibility to Wilt caused by *Fusarium udum* Butler. Von V. Agnihothrudu 373

Pflanzliche Krebsdisposition, Wuchsstoffspiegel und Blühwilligkeit. Von K. Höhn 373

Die ersten Furchungsteilungen bei Bithynia tentaculata L. Von O. Hess 374

Die Form der Riechzellen des Hundes. Von W. Neuhaus . 374

Zellverfettung bei Barschembryonen im Sauerstoffmangelversuch. Von U. Lieder 375

Vorgänge am Fettkörper der Larve von *Prodiamesa olivacea* in Anaerobiose. Von O. Harnisch 375

Zur Frage des plazentaren Übergangs von Plasmodium berghei (Congenitale Malaria). Von H. Werner 376

Die Steigerung der Colchicinwirkung am Mäuseascites-Tumor durch Megaphen. Von K. Peters 376

Gröber / Erk

Die Grundgesetze der Wärmeübertragung

Dritte, völlig neubearbeitete Auflage von Dr.-Ing. **Ulrich Grigull,** Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen.
Mit 190 Abbildungen. VIII, 428 Seiten Gr.-8°. 1955. Ganzleinen DM 37.50

Inhaltsübersicht: Erster Teil: **Wärmeleitung in festen Körpern:** A. Die mathematischen Grundlagen. — B. Über die Lösung von Randwertaufgaben. — C. Die zeitlich veränderlichen Temperaturfelder ohne Wärmequellen. — D. Die zeitlich konstanten Temperaturfelder ohne Wärmequellen. — E. Die zeitlich konstanten Temperaturfelder mit Wärmequellen. — F. Verschiedene Sonderfälle. — G. Wärmeleitung in verdünnten Gasen. — Zweiter Teil: **Konvektive Wärmeübertragung.** A. Flüssigkeits- und Energiebewegung. — B. Das Ähnlichkeitsgesetz der Wärmeübertragung. — C. Wärmeübergang bei erzwungener laminarer Strömung. — D. Wärmeübergang bei erzwungener turbulenter Strömung. — E. Wärmeübergang bei querangeströmten Körpern. — F. Wärmeübergang bei hohen Geschwindigkeiten. — G. Wärmeübergang bei freier Konvektion. — H. Wärmeübergang bei Kondensation. — I. Wärmeübergang bei Verdampfung. — K. Stoffübertragung. — Dritter Teil: **Wärmestrahlung:** A. Einführung. — B. Die Strahlung des schwarzen Körpers. — C. Der Strahlungsaustausch zwischen festen Körpern. — D. Strahlung von Gasen und Dämpfen. — Anhang. — **Schrifttum. — Namen- und Sachverzeichnis.**

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthée*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Eucken*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau", begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein*, *V. Meyer*, *B. Schwalbe*, *W. Sklarek* u. a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (bis 1948 Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft).

Die **„Naturwissenschaften"** erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20 %. Für Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 11.25 DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder an den Verlag übergeht. Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet.

Es ist ferner ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophote u. ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 24 92 51) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag

Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zeitschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,

(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel.: 47 17.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Lange & Springer
Wissenschaftliche Buchhandlung
Berlin W 35

Wir suchen dringend für feste Aufträge:

Biochemische Zeitschrift

Band 2, 14, 27, 38, 39, 145, 146, 154, 157, 165, 175, 178, 180, 184—189, 193, 194, 197, 200, 202—204, 211, 214, 220, 236, 253, 257, 258, 262, 266—269, 271, 303—305, 307, 308.
Generalregister Band 1—30.

Wir suchen ferner von fast allen nicht angegebenen Bänden einzelne Hefte und bitten um Angebote.

Farbenphotographie und Farbenfilm

Wissenschaftliche Grundlagen und technische Gestaltung. Von Dr. **Werner Schultze**, Ludwigshafen. Mit einem Geleitwort von Professor Dr. **John Eggert**, Photographisches Institut der Eidgenössischen T.H. Zürich. Mit 162 Abbildungen und 2 Tafeln. VIII, 318 Seiten Gr.-8°. 1953. Ganzleinen DM 48.—

SPRINGER-VERLAG
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

42. Jahrgang Heft 12 (Zweites Juniheft) 1955

Enrico Fermi†.

Von VICTOR F. WEISSKOPF, Cambridge (Mass).

Das unerwartete plötzliche Hinscheiden ENRICO FERMIs hat die überragende Bedeutung dieses Mannes ins helle Licht gerückt. Es besteht kein Zweifel, daß FERMI einer der Männer ist, deren Ideen zu den wesentlichsten Bausteinen der heutigen Physik gehören. Sein Einfluß auf die Entwicklung der modernen Physik durch seine Werke, durch seine Schüler und, vielleicht am wichtigsten, durch sein Beispiel und seine Anregungen ist überall sichtbar und fühlbar.

ENRICO FERMI wurde am 29. September 1901 in Rom geboren. Er war erst Professor in Florenz, seit 1928 in Rom; 1939 ging er an die Columbia-University in New York, 1946 nach Chicago. 1938 erhielt er den Nobel-Preis. Der großen Öffentlichkeit ist er durch seine Arbeiten an der Ausnutzung der Atomenergie bekannt geworden. Er erlag einer schweren Krankheit am 28. November 1954.

Was FERMI für uns Physiker bedeutet, läßt sich kaum in kurze Worte fassen. Der heutige Wissenschaftsbetrieb umfaßt viel mehr Menschen als früher. Wir sehen viel mehr wissenschaftliche Gruppenarbeit, und selbst der mittelmäßige Arbeiter kann Nützliches beitragen. Trotzdem und vielleicht gerade deswegen ist die Bedeutung und der Einfluß des einzelnen großen Mannes noch viel entscheidender als in den Tagen, wo Wissenschaft nur von einigen wenigen Ausgesuchten betrieben wurde. Man könnte kaum ein besseres Beispiel dafür finden als ENRICO FERMI.

Fast in jedem Gebiet der Physik findet man seine Ideen und fühlt man den Einfluß seiner Denkweise. Er war einer der ganz wenigen Großen, die theoretisch und experimentell gearbeitet haben und in beiden Gebieten in gleicher Weise bahnbrechend waren. Die Teilung der Physik in Theorie und Experiment ist unnatürlich; beide Gebiete sind ein und dieselbe Wissenschaft. Es gibt nur eine Teilung der Physiker in Theoretiker und Experimentalphysiker, die durch den stets wachsenden Umfang des Wissens notwendig geworden war. Um so höher müssen wir die wenigen einschätzen, die imstande waren, in beiden Richtungen erfolgreich zu arbeiten.

FERMIs Beiträge zur modernen Physik sind wohlbekannt. Wir zählen die wichtigsten auf:

Die FERMI-Statistik, eine der grundlegenden Ideen der Quantenstatistik, aus der sich die Theorie der Metalle entwickelte: das THOMAS-FERMI-Atom-Modell, eine einfache und fruchtbringende Anwendung der FERMI-Statistik auf die Struktur der Atome; seine Beiträge zur Theorie der Hyperfeinstruktur der Spektrallinien, die sich später zu einem der wichtigsten Hilfsmittel zur Untersuchung der elektromagnetischen Eigenschaften der Kerne entwickelten; die Theorie des Beta-Zerfalles der Atomkerne, eine theoretische Erfassung des Fundamentalprozesses der Radioaktivität, die ein einzigartiges und seltenes Beispiel für eine theoretische Idee ist, welche heute, nach 20 Jahren, noch immer im wesentlichen in derselben Form verwendet wird, wie FERMI sie ihr in seiner ersten Publikation gegeben hatte; seine neue Formulierung der Quantenelektrodynamik, die die weitere Entwicklung dieses Zweiges möglich gemacht hat; seine grundlegenden Experimente in der Kernphysik, in denen er künstliche Radioaktivität mit Neutronen erzeugte und damit das ganze Gebiet der Neutronenphysik begründete und entwickelte; seine bahnbrechenden Versuche der Urankernspaltung; seine Beiträge zur Physik der Mesonen, die die letzten Jahre seines Lebens erfüllten, in denen er die Wechselwirkung zwischen den Mesonen und Protonen studierte und die grundlegende Bedeutung des Isotopie-Spins für diese Prozesse entdeckte.

Wenn man diese eindrucksvolle Reihe der hervorragendsten Leistungen FERMIs betrachtet, so kann man leicht die charakteristischen Züge seines Wirkens erkennen. Man findet stets seine Arbeiten an der wichtigsten Front des physikalischen Denkens. Er greift immer dort ein, wo neue grundlegende Phänomene auftauchen, wo neue Ideen entstehen. Jede einzelne der Leistungen, die wir aufgezählt haben, zeigt diesen Charakter. Die FERMI-Statistik war eine Verallgemeinerung des gerade von PAULI entdeckten Ausschließungsprinzips und ermöglichte die Anwendung dieses in der Atomphysik entdeckten Prinzips auf viel weitere und allgemeinere Gebiete, wie das der Struktur des festen Körpers. Kaum war die künstliche Radioaktivität entdeckt, hatte FERMI die theoretische Idee, die diesen Prozeß in die Quantenmechanik einbaute. Kaum war das Neutron entdeckt, sah FERMI die überragende Bedeutung des Neutrons für Kernreaktionen wegen der Abwesenheit der elektrostatischen Abstoßung zwischen Kern und Teilchen. Sofort nach HAHNs und STRASSMANNs Entdeckung der Uranspaltung begann FERMI seine Arbeiten über die Neutronenausbeute dieser Prozesse. Als die kosmische Strahlung zeigte, daß das Rätsel der Kernkräfte in den Mesonen lag, verließ FERMI das interessante und sich so gewaltig ausdehnende Gebiet der Kernreaktionen und der Kernspaltungen und begann selbst, mit künstlichen Mesonen zu experimentieren.

FERMIs Wirken hat noch eine andere, vielleicht wichtigere charakteristische Eigentümlichkeit. Es ist die einfache klare und direkte Weise, in der er die Phänomene sieht und die Probleme anpackt. Seine Gabe, das Wesentliche in seiner einfachsten Form zu sehen, hat ihn vor allen anderen ausgezeichnet. Diese Gabe machte seine Darstellungen so wohlgeordnet und kristallklar, daß es ein ästhetisches Vergnügen war, seinen Vorträgen beizuwohnen. Gerade in einer Periode, in der die theoretische Physik dazu neigt, möglichst komplizierte und formalistische Ausdrucksweisen zu benutzen, war sein Einfluß so wertvoll, um die wesentlichen Ideen in klarer Weise direkt und einfach zu formulieren. „Wenn man eine Theorie wirklich versteht, kann man sie auch einfach ausdrücken", war immer sein Prinzip, und viele werden seinen Einfluß in dieser Richtung schwer vermissen.

In allen seinen Werken kann man diese klare und einfache Arbeitsweise finden. Ein typisches Beispiel ist sein Eingreifen in die Quantenelektrodynamik. Die berühmte Arbeit in der *Review of Modern Physics* im Jahre 1932 ist nichts als ein zusammenfassender Artikel über die früheren Arbeiten von HEISENBERG und PAULI, DIRAC und anderen Autoren. Trotzdem eröffnete gerade diese Arbeit neue Möglichkeiten und regte neue Ideen an, nur wegen der einfachen und erstaunlich durchsichtigen neuen Weise, in welcher die Ideen vorgebracht waren.

Immer konnte er die wesentlichen Dinge von den unwesentlichen trennen. In seinen Arbeiten über Neutron-Reaktionen gibt es viele Beispiele, wie er mit unheimlicher Sicherheit den wesentlichen und wichtigen Faktor trifft in der Auswertung einer unübersichtlichen Menge von experimentellen Resultaten. Wo andere in der Analyse eines Experiments sich bemühen, einen mathematischen quantenmechanischen Formalismus anzuwenden, sieht FERMI sofort die wesentlichen Zusammenhänge und klärt die Situation mit einfachen klassischen oder korrespondenzmäßigen Begriffen.

Wer immer mit FERMI persönlich in Berührung kam oder mit ihm arbeitete, kennt seine unmittelbare direkte Beziehung zum Objekt seiner Forschungen. Man hatte den Eindruck, als ob FERMI die Tatsachen „erfühlte", als ob sie sich ihm viel klarer und selbstverständlicher darboten als anderen Leuten. Er hatte ein persönliches Verhältnis zur Physik und zu seinen Instrumenten; er liebte sie. Wenn man FERMI in seinem Laboratorium hantieren sah, konnte man diese Liebe beobachten, in der Art, wie er die Instrumente bediente und ihre Eigenheiten erklärte. Die Liebe zum Phänomen und der Drang, die wesentlichen Zusammenhänge in ihrer einfachsten Form zu erkennen, sind die Merkmale des echten Wissenschaftlers.

Es ist kein Wunder, daß seine Persönlichkeit Mitarbeiter anzog, die ihm völlig und rückhaltlos ergeben waren. Er war niemals der „Direktor" eines großen Wissenschaftsbetriebs, er arbeitete stets mit einer kleinen, ausgewählten Gruppe von Menschen, die ganz von seinem Enthusiasmus erfüllt waren. Zu jeder Tages- und Nachtzeit war er bereit, mit ihnen zu arbeiten und über physikalische Probleme zu sprechen, und er erwartete auch von ihnen dieselbe Aufopferung. Daher findet man unter seinen Mitarbeitern die besten Physiker unserer Zeit.

Es war zu erwarten, daß FERMI nicht nur als reiner Wissenschaftler Großartiges leistete, sondern daß seine Weise, Probleme anzugreifen, auch in der angewandten Physik erfolgreich sein mußte. So sehen wir ihn auch als Schöpfer einer der erstaunlichsten und erfolgreichsten Errungenschaften der modernen angewandten Kernphysik: des *Kernreaktors* (atomic Pile).

Kurz bevor seine tragische Krankheit ausbrach, stellte ein Freund die Frage an ihn, wieviel er noch in seinem Leben zur Physik beitragen werde. Er antwortete, er hätte ungefähr die Hälfte seines Werkes hinter sich. Sein frühzeitiger Tod ist ein tragischer Verlust für die ganze Welt. Möge es uns gelingen, etwas von seiner geistigen Haltung in unserem Wirken weiterleben zu lassen.

Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass.

Eingegangen am 14. Februar 1955.

Über Rückreaktionen bei der Photosynthese.

Von HANS GAFFRON, Chicago, und JEROME ROSENBERG, Pittsburgh.

Im folgenden berichten wir über einige experimentelle Prüfungen des „Ein-Quanten-Prozesses" bei der Assimilation. 1951 entdeckten O. WARBURG und D. BURK [*1*], daß bei der Photosynthese in der Lichtreaktion 1 Mol Lichtquanten immer 1 Mol Sauerstoff entwickeln. $^2/_3$ Mole dieses freien Sauerstoffs reagieren aber in einer Dunkelreaktion zurück, wobei auch ungefähr $^2/_3$ der zunächst absorbierten Kohlensäure wieder entwickelt werden. Die Verbrennungsenergie dieser besonderen Atmung bleibt dem Assimilationsapparat erhalten und überbrückt und ergänzt so die Differenz zwischen den 41000 cal eines roten Lichtquants und den erforderlichen 112000 cal des Gesamtprozesses. In der Bilanz ist dann durch 1 Mol Quanten $^1/_3$ Mol Sauerstoff entwickelt worden, d.h., der Quantenbedarf pro Mol Sauerstoff ist drei. O. WARBURG schreibt ferner, daß bei einem solchen Mechanismus ein ganzzahliger Quantenbedarf nicht notwendig sei, weil er überzeugt ist, daß die Abweichung eines Mittelwertes 2,85 von der ganzen Zahl 3 keineswegs von Versuchsfehlern herrührt, sondern wirklich vorhanden ist [*2*].

Nachzusehen, ob es eine solche Lichtatmung — eine für die Assimilation unumgängliche Reaktion mit freiem Sauerstoff — wirklich gibt, ist einfacher als die Ausführung einwandfreier Messungen des Quantenbedarfs, für die man nur absolut gesunde, zur Höchstleistung befähigte Zellen brauchen kann. Außerdem erscheint uns die Frage nach dem Mechanismus als die umfassendere, darum wichtigere. Die Messung des Quantenbedarfs ist davon ein Teilproblem. Wenn der eben beschriebene Vorgang den Kern des Mechanismus der Assimilation darstellt, dann sind die postulierten Reaktionen natürlich unabhängig vom Zustand und von der Art der assimilierenden Zellen. Es muß an sich gleichgültig sein, ob die beobachteten Pflanzen gerade mit der maximalen Ausbeute nach WARBURG-BURK oder einer schlechteren arbeiten. Es muß gleichgültig sein, welche Pflanzenspecies man untersucht, und gleichgültig, mit welcher Methode. Solange wir wirkliche Assimilation beobachten, sollte im Licht immer eine enorm verstärkte Atmung zu finden sein, d.h., der Assimilations-Sauerstoff spielt eine für den Fortgang der Reaktion absolut entscheidende Rolle. Die Fragestellung hat sich also verbreitert und vereinfacht, und jeder am Assimilationsproblem interessierte Forscher muß dazu Stellung nehmen, nicht nur diejenigen, die sich mit Messungen der Quantenausbeute befaßt haben.

Wenn wir auch das Problem der kleinsten Quantenzahl hier nicht erörtern werden, so wollen wir doch im Vorübergehen kein

Geheimnis daraus machen, daß wir nirgendwo zwingende Gründe gefunden haben, wonach wir an eine Energieausbeute von nahezu 100% glauben müßten. Da jedes Quantum nur als Ganzes absorbiert werden kann, würde der oben zitierte Wert 2,85 bedeuten, daß die Photosynthese aus einer Mischung von Drei- und Zwei-Quantenprozessen im Verhältnis 6:1 besteht. Die erstaunliche Ausbeute von WARBURG, BURK und Mitarbeitern konnte bisher in keinem anderen Laboratorium erhalten werden, obgleich die ersten Versuche dieser Art nunmehr 15 Jahre zurückliegen [3a, b]. Mit einer eindrucksvollen Gleichförmigkeit wurden seitdem immer wieder als kleinste Werte 6 bis 10 Quanten für die Reduktion einer Kohlensäuremolekel zur Stufe des Zuckers gemessen, sowohl bei der Photosynthese in Grün-, Blau- und Rotalgen als auch, was wichtig ist, bei der anaeroben Photoreduktion in Purpurbakterien, grünen Schwefelbakterien und adaptierten Algen. Die Literatur ist zu umfangreich, um vollständig zitiert zu werden. Wir erwähnen nur die neueren Versuche von BLINKS und YOCUM [4b], BASSHAM und SHIBATA [4c], DANIELS und YUANG [4a] und als besonders interessantes Beispiel die Messungen von LARSEN [4d] an grünen Schwefelbakterien.

Dagegen wurde, wo immer die Versuche von BURK und WARBURG entweder nachgemacht oder kritisch analysiert worden sind, festgestellt, daß es sich bei den ungewöhnlichen Ausbeuten wahrscheinlich um nicht stationäre Zustände handelt [5], [6]. Da die Assimilation ein recht komplexer Vorgang ist, der außerdem über Zwischenprodukte verläuft, die teilweise mit denen des Kohlenhydratabbaus identisch sind, so gibt es viele Möglichkeiten, den Lichtstoffwechsel vom normalen Gang der Zuckersynthese abzulenken (vgl. [29], [30]).

Hierzu gehört auch die lange bekannte [7], [34] Wirkung des blau-grünen Lichtes auf die Atmung. Wir wollen die diesbezüglichen Versuche von WARBURG und Mitarbeitern [35] hier nicht besprechen, da sie auf einer experimentell unsicheren Basis stehen [38], [40]. Die Beeinflußbarkeit der Teilprozesse im Assimilationsvorgang erklärt auch, warum die Vorschriften und Empfehlungen, was zu tun sei, um die hohen Ausbeuten zu finden, so oft gewechselt haben und voller Widersprüche sind. Unter diesen Umständen können wir nicht leichthin darüber hinweggehen, daß weder die Energiebilanz des Physikers [6] noch die an bekannte Reaktionen sich anlehnenden Rechnungen des Biochemikers [9] eine bessere Energieausbeute erlauben als 50%.

Im folgenden werden wir zeigen, daß Experimente, die wir im Laufe der letzten Jahre ausgeführt haben, wie auch die neuen Versuche von ALLEN [10], von BROWN [11] und von BRACKETT, OLSON und CRIKKARD [12] keinerlei Rückreaktionen der geforderten Art erkennen lassen und daher alle dem von WARBURG und BURK angenommenen Mechanismus der Photosynthese widersprechen. Man muß in der Tat fragen, „wie in den Naturwissenschaften, im 20. Jahrhundert, derartige experimentelle Unstimmigkeiten möglich sind" [2].

Andererseits bestehen keine Schwierigkeiten, alle neuen Ergebnisse durch das allgemeine Bild des Assimilationsvorganges wiederzugeben, das sich schon vor 10 Jahren bewährt hatte, um die damals bekannten Tatsachen zusammenzufassen (vgl. [13]). Die großen Fortschritte auf dem Gebiet der Chemie der Zwischenprodukte haben die allgemeinen Prinzipien unverändert gelassen [9].

I. Assimilation in Abwesenheit von Sauerstoff.

Daß Pflanzen nach langer Anaerobiose nicht mehr assimilieren können, ist zuerst von WILLSTÄTTER und STOLL [14] beobachtet worden. Wenn aber zwei Drittel des im Licht entwickelten Sauerstoffs notwendig sind, um die Assimilation in Gang zu halten, so sollte es genügen, den Hauptteil des im Licht erzeugten Sauerstoffs abzufangen, um die Assimilation zum Erliegen zu bringen, was WARBURG nach eigenen Versuchen auch glaubt bewiesen zu haben [15]. Da es theoretisch unmöglich ist, eine Sauerstoff produzierende Reaktion unter völligem Ausschluß von Sauerstoff zu untersuchen, verlassen wir uns nicht auf *eine* Methode, sondern auf drei völlig verschiedenartige und vergleichen sie mit einer vierten.

a) Manometrische Versuche.

Bei Versuchen mit Algen unter Stickstoff und einem Sauerstoffabsorbens in geschlossenen Manometern hängt alles davon ab, wie schnell der Sauerstoff aus der Suspension in den Gasraum diffundiert und mit dem Absorbens reagiert. Die WARBURGschen Versuche über Rückreaktion im intermittierenden Licht basieren darauf, daß der größte Teil des in der Lichtreaktion entwickelten Sauerstoffes aus der Suspension herausgeschüttelt werden kann, bevor er zurückreagiert. Damit der Versuch gelingt, wäre es demnach

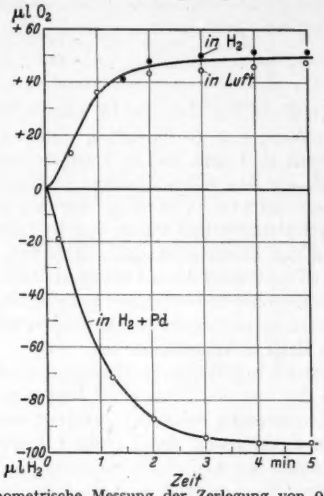


Fig. 1. Manometrische Messung der Zerlegung von 0,4 ml M/100 H_2O_2 durch Katalase, oben durch den entwickelten Sauerstoff; unten durch den verbrauchten Wasserstoff nach Reduktion des Sauerstoffs an einem Paladiumkatalysator.

nötig, ein gutes Sauerstoffabsorbens zu haben. Früher ist dafür entweder gelber Phosphor [15] oder Chromchlorür [16] benutzt worden. Wir haben damit schlechte Erfahrungen gemacht. Der reagierende Phosphor produziert giftige Dämpfe, und Chromchlorür absorbiert zu langsam. Wir sind daher zu einer anderen Methode übergegangen und entfernen den Sauerstoff durch Reaktion mit Wasserstoff an einer Katalysatoroberfläche (vgl. BRIGGS [17]).

Als Beispiel für die Leistungsfähigkeit dieser Methode diene die Zersetzung von Wasserstoffperoxyd durch Katalase (Fig. 1). Einmal haben wir die direkten Druckänderungen in Luft (oder Wasserstoff), die durch den sich entwickelnden Sauerstoff verursacht werden, das andere Mal die indirekten Druckänderungen, die durch den in Gegenwart des Katalysators verbrauchten Wasserstoff entstehen. Die ganze Reaktion dauert nur 2 min, und doch finden wir im Verlauf dieser kurzen Zeit äquivalente Druckänderungen. Ein nach dieser Art ausgeführter Assimilationsversuch zeigt Tabelle 1. Die gleichzeitig belichteten Manometergefäße waren praktisch gleich groß. So zeigen schon die Druckänderungen in Karbonatpuffer auf den ersten Blick, wie Sauerstoffentwicklung als Wasserstoffabsorption gemessen werden kann. Ein unerwarteter Vorteil ist das sehr vereinfachte Rechenverfahren für die Berechnung des Gaswechsels im Licht in saurer Lösung. Man macht die Volumina in zwei Gefäßen nicht verschieden, wie bisher, sondern gleich. Nimmt man weiter an, daß die Gefäßkonstanten für Sauerstoff und Wasserstoff identisch sind (was nur einen kleinen Fehler bedingt), so ergeben sich die folgenden höchst einfachen Formeln

$$X_{O_2} = (h - H) \cdot K_{O_2}/3; \qquad X_{CO_2} = (2h + H)\, K_{CO_2}/3,$$

in denen, wie üblich, h und H die mm Druckänderungen, K_{O_2} und K_{CO_2} die einfachen Gefäßkonstanten bedeuten.

Tabelle 1. *Photosynthese in Luft und in Wasserstoff. 0,028 ml Chlorellazellen bei 26° C in a) 3 ml alkalischer Pufferlösung* p_H *9, b) 3 ml saurer Phosphatlösung* p_H *5, während 8 min starker Belichtung nach 10 min Dunkel, 20 min schwachem Licht und 2 min starker Belichtung.*

	I		II
a) Gefäß Vol. . . .	18,2 ml		18,4 ml
Suspension . . .	3,0 ml		3,0 ml
Katalysator . . .	—		0,2 ml
Gas	Luft		H_2
$K_{O_2} \simeq K_{H_2}$ . . .		1,41	
Druckänderung mm	+55		−129
X_{O_2} µl	+78		+ 91
b) Gas	Luft, 4% CO_2		H_2, 4% CO_2
K_{CO_2}		1,62	
Druckänderung mm	+11		−179
X_{O_2} µl		+89	
X_{CO_2} µl		−85	

Das Ergebnis ist, daß die in alkalischen und in sauren Suspensionen entwickelten Sauerstoffmengen nahezu gleich sind und daß in Karbonatpuffer unter Wasserstoff die Assimilation etwas stärker ist als in Luft. Diese leichte Hemmung der Photosynthese durch den Luftsauerstoff wurde vor 30 Jahren zuerst von WARBURG beobachtet [*33*]. Arbeitet man mit Chlorella, so muß man darauf sehen, daß die der Meßperiode voraufgehende Dunkelzeit kurz ist, da Chlorella, wie wir weiter unten besprechen, besonders empfindlich gegen eine längere Anaerobiose ist.

Der Versuch mit Wasserstoffperoxyd und Katalase zeigt, daß der aus der Flüssigkeit herausgeschüttelte Sauerstoff in wenigen Sekunden beseitigt wird. Wenn wir in den Ergebnissen der Tabelle 1 keinen Unterschied zwischen der Assimilationsleistung in Luft oder in Wasserstoff bzw. in sauren oder alkalischen Medien finden, so kann dies natürlich darauf beruhen, daß die Pflanzen bereits den ganzen für die Rückreaktion notwendigen Sauerstoff verbraucht haben, bevor er wie in dem Versuch mit Wasserstoffperoxyd in den Gasraum des Gefäßes diffundiert. Nach WARBURG und BURK soll eine so schnelle Rückreaktion nur in alkalischen Medien auftreten. In den bekannten Karbonatgemischen könnte man sonst, wenn die Reaktion langsamer wäre, am Anfang der Belichtung den Verlauf der Sauerstoffentwicklung ungestört durch die gegenläufige Kohlensäureabsorption beobachten. In neutraler oder saurer Lösung, d.h. immer dann, wenn es einer Rechnung bedarf (vgl. [*5*] und [*18*]), um zu wissen, auf welches Gas sich die Druckänderungen beziehen, soll dagegen die Rückreaktion so weit verlangsamt sein, daß in der ersten halben Minute der gesamte im Ein-Quanten-Prozeß abgespaltene Sauerstoff aus der Lösung herauskommt, um dann später wieder zu verschwinden (vgl. Fig. 3 in [*2*]). Weder in den Versuchen der Tabelle 1 noch in anderen manometrischen Versuchen ist es gelungen, Ergebnisse zu erhalten, die ohne weiteres den Ein-Quanten-Prozeß bestätigen würden. Die für den Fortgang des Assimilationsprozesses nach WARBURG angenommenen Rückreaktionen mit Sauerstoff müssen in unseren Versuchen besonders rasch und vollständig verlaufen sein, obgleich unsere Algen in saurer Lösung nicht besser assimilierten als in alkalischer.

Wir sehen hier einen erstaunlichen Widerspruch. Einerseits sollen die Rückreaktionen als unerläßlicher Teilprozeß der Photosynthese bei starker andauernder Belichtung über 40mal schneller laufen können als die normale Atmung, andrerseits ziehen sie sich über viele Minuten hin, wenn die Algen nur 1 min lang belichtet worden sind [*1*], [*39*]. Es gibt einen Ausweg, der aber zu einer merkwürdigen Konsequenz führt. Nehmen wir einmal an, die Rückreaktion mit Sauerstoff verliefe um so schneller, je größer die Konzentration der im Licht reduzierten Substanzen ist. Das heißt, bei kontinuierlicher Beleuchtung wäre sie maximal. Nach einer Dunkelzeit, in der die Substanzen verbraucht worden sind, wäre die Rückreaktion gehemmt, und der ganze im Ein-Quanten-Prozeß entwickelte Sauerstoff könnte dann aus der Suspension herausgeschüttelt werden. Da aber die im Ein-Quanten-Prozeß benutzten energiereichen Chlorophyllkomplexe photochemisch nicht wieder reagieren, bis sie durch die Rückreaktion, die zunächst langsamer als normal sein muß, reaktiviert werden, so müssen während dieser Induktionsperiode Lichtverluste auftreten, d.h., jedesmal wenn der Ein-Quantenprozeß zu sehen ist, sollte gleich danach auch eine vorübergehende Hemmung der Assimilation zu beobachten sein, während der die Ausbeute nicht gut, sondern recht schlecht wäre.

b) Messungen mit der Glaselektrode.

Nach WARBURG und BURK wird die Aufspaltung der Photosynthese in Licht- und Rückreaktion am sichersten beobachtet, wenn man mit Lichtperioden von 1 bis 3 min Dauer arbeitet. Dann erhält man fortlaufend die Induktionsphänomene, die die Grundlage für die neue Theorie geliefert haben. Die dabei auftretenden Druckänderungen in gewöhnlichen Manometern sind sehr klein und liegen nahe der Leistungsgrenze der Methode (vgl. EMERSON [*5*], PIRSON [*18*]). Außerdem beruhen diese Druckänderungen auf dem Gaswechsel zweier Gase. Es schien uns daher einfacher, den Ein-Quanten-Prozeß mit einer Methode zu beobachten, die es erlaubt, den Gang des Kohlensäure-Gaswechsels kontinuierlich und automatisch aufzuzeichnen. Änderungen der Kohlensäure-Konzentration bewirken in verdünnten Bikarbonatlösungen Änderungen der Wasserstoffionenkonzentration, und diese lassen sich mit der Glaselektrode leicht messen.

Das Prinzip ist sehr einfach. Es wurde zum ersten Male in qualitativer Weise von BLINKS und SKOW [*19*] vor 16 Jahren für Assimilationsversuche verwendet. Mit geringer Mühe läßt sich die Methode in eine quantitative umwandeln [*20*]. Sie ist 50 bis 100mal empfindlicher als die manometrische. Schon BLINKS und SKOW fanden, daß Änderungen des Gaswechsels einer plötzlich belichteten oder verdunkelten Pflanzenzelle in Bruchteilen von Sekunden außerhalb der Zelle bemerkbar werden. Für das Studium von rasch verlaufenden Rückreaktionen ist dies natürlich ein günstiger Umstand. Aber wie jede Methode hat auch diese ihre speziellen Nachteile und Grenzen. Zum Beispiel weiß man im Grunde niemals, ob ein gewisser Ausschlag durch Kohlensäure oder eine andere Säure verursacht wird. Auch fällt die Empfindlichkeit sehr rasch mit steigender Kohlensäure- oder Karbonatkonzentration. Ferner verändern sich im Laufe einer Messung sowohl die Kohlensäure- wie die Wasserstoffionenkonzentration, die beide eine voneinander unabhängige Wirkung auf den Gang der Assimilation haben können. Kennt man aber die möglichen Fehler und stellt die Versuchsanordnung entsprechend darauf ein, so ist für Versuche, die sich nur über wenige Minuten erstrecken, die Glaselektrodenmethode als ideal anzusehen.

BRACKETT, OLSON und CRICKARD [*12*] haben das gleiche für die Sauerstoffinduktion getan und den Assimilationssauerstoff mit der Platinelektrode quantitativ gemessen. Man verfügt daher jetzt über zwei direkt vergleichbare Meßmethoden, die den Assimilationsverlauf für beide Gase laufend aufzeichnen.

Unsere Standard-Versuchsbedingungen sind 0,1 bis 0,5 Vol.-% Algen in 0,002 M Bikarbonat bei 25°. Die Algen stammen aus 1 bis 4 Tage alten Chlorella- oder Scenedesmuskulturen. Da die Algen in diesen Bikarbonatlösungen wunderbar wachsen, kann von einer schädlichen Wirkung des Karbonats zwischen p_H 6 und p_H 8,5 nicht die Rede sein. Im grünen Lichte von hoher Intensität werden fast sämtliche Algen in einem 2 bis 5 mm tiefen Gefäß gleichmäßig beleuchtet. Die Wasserstoffionenkonzentration verändert sich daher im ganzen Gefäß in derselben Weise wie in der Nähe der Elektrode. Unter diesen Umständen bewirkt kräftiges Rühren

nach oder während einer Beleuchtungsperiode keine bleibende Änderung im Ausschlag der Meßapparatur. Weicht man von den besten Bedingungen ab, so assimilieren die Algen in verschiedenen Teilen des Gefäßes verschieden schnell, und Rühren des Inhalts bewirkt dann eine Verschiebung der Wasserstoffionenkonzentration an der Elektrode.

Da während der kurzen Belichtungsperiode meistens nicht gerührt wird, kann diese Fehlerquelle vernachlässigt werden. Die Diffusion aus größeren Entfernungen zur Oberfläche der Elektrode verläuft viel langsamer als der aufgezeichnete Gang der Assimilation. Geeicht wird der Apparat dadurch, daß man eine Bikarbonatlösung bekannter Konzentration mit einem Gas von bekanntem Kohlensäuregehalt sättigt und feststellt, ob die Elektrode die richtige Wasserstoffionenkonzentration anzeigt.

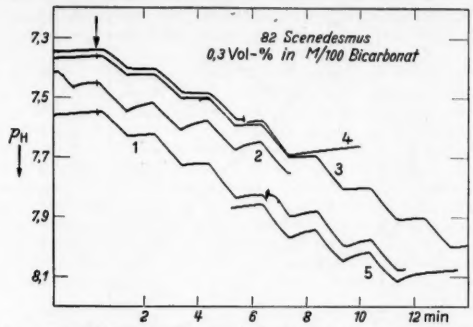


Fig. 2. Automatisch registrierte Änderungen der Wasserstoffionenkonzentration, die in 0,01 M Bicarbonat durch periodisch belichtete und verdunkelte Algen (82 Scenedesmus) erzeugt werden. Hohe Intensität, 25°, Ein-Minuten-Wechsel. 1, 2 und 5 aerob, 3 und 4 zunächst anaerob, d.h., in Stickstoff; Sauerstoffgehalt langsam ansteigend. — Kurve 5 ist die Fortsetzung von 3.

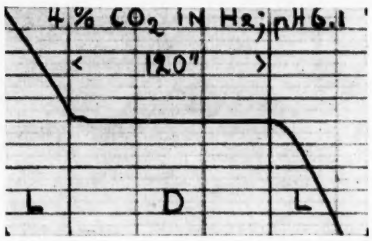


Fig. 3. Vergrößerte Aufnahme einer Registrierkurve. Anaerobe Bedingungen. Konstanz der Wasserstoffionenkonzentration während einer anaeroben Dunkelzeit von 2 min. Normale Änderung während der Belichtung. *L* Licht; *D* Dunkelheit.

Wir zeigen im folgenden die Versuchsergebnisse auf zweierlei Weisen: einmal als Photographien der direkt aufgezeichneten p_H-Änderungen (oder deren Pausen), das andere Mal als die aus diesen Kurven berechneten Änderungen der Geschwindigkeit des Kohlensäureaustausches. Schon die unmittelbar vom Apparat geschriebenen Kurven geben ein eindeutiges, wenn auch verzerrtes Bild von dem, was vor sich geht. Eine Verfälschung der Ergebnisse durch die Trägheit des Apparates ist unter unseren Bedingungen nicht zu erwarten, da die Einstellungszeit weniger als eine Sekunde dauert.

In den Fig. 2—5 und 10—12 sehen wir die p_H-Änderungen während kurzer Belichtungs- oder Verdunkelungsperioden, aerob wie anaerob.

Fig. 2 ist eine Photographie der fortlaufend aufgezeichneten p_H-Änderungen in einer Suspension von Scenedesmus im 0,01 M Bikarbonat. Belichtet wurde ebenfalls automatisch, in Abständen von 1 min. Zum Vergleich sind verschiedene zeitlich hintereinander liegende Abschnitte derselben Kurve ausgeschnitten und gegeneinander auf gleicher Höhe verschoben worden. Abwärtsbewegung bedeutet Kohlensäureverbrauch, Aufwärtsbewegung Kohlensäureentwicklung. Ein horizontaler Verlauf besagt, daß Kohlensäure weder aufgenommen noch abgegeben wird. Dies letztere ist der Fall während der Dunkelminuten in Stickstoff, solange der im Licht entwickelte Sauerstoff nicht ausreicht, die Atmung in Gang zu bringen, d.h., die anaerobe Form geht nach einigen Perioden in die aerobe über und kann durch Einleiten eines Stickstoff-Kohlensäure-Gasgemisches wieder regeneriert werden. Die Abschnitte 3 und 4 liegen mehrere Stunden durch aerobe Perioden getrennt auseinander. Der parallele Verlauf bezeugt die Reproduzierbarkeit.

Fig. 3 zeigt in einer Photographie die Konstanz der Wasserstoffionenkonzentration während einer 2 min dauernden Dunkelpause

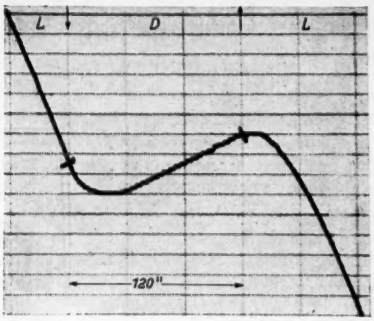


Fig. 4. Ähnlich wie Fig. 3. Aerobe Bedingungen. Starke Änderung der Wasserstoffionenkonzentration im Dunkeln im Laufe von 2 min. Ausgeprägte Übergangseffekte. ↓ Einsetzen der Dunkelheit; ↑ Einschalten des Lichtes.

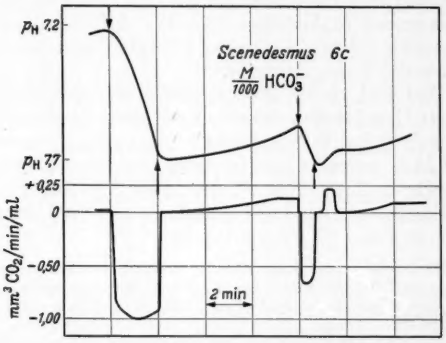


Fig. 5. Langsames Ansteigen einer durch Sauerstoffmangel gehemmten Atmung nach einer Belichtungsperiode von 2 min. Extraatmung nach 40 sec Licht unter leichtem Kohlensäuremangel.

zwischen ebenso langen Belichtungsperioden, in denen unter anaeroben Bedingungen die Photosynthese völlig normal verläuft. Die Scenedesmuszellen waren hier in verdünnter Nährlösung mit einer hohen Kohlensäurekonzentration suspendiert, um den Bedingungen für gute Energieausbeuten nahezukommen (p_H etwa 6,1).

In der Kurve der Fig. 4 ist die Dunkelperiode die gleiche (2 min). Die Bedingungen sind aber aerob, und so beginnt nach einer 40 sec dauernden Übergangszeit die normale Atmung (Chlorella; 0,002 M Bicarbonat; p_H 7,0).

In Fig. 5 ist die obere Kurve vom Original durchgepaust. Die untere gibt die nach ausgewählten Tangentenpunkten errechneten Geschwindigkeiten wieder (vgl. [20]). Die erste Belichtungsperiode von 2 min erfolgte unter beinahe, aber nicht völlig anaeroben Bedingungen, die Atmung ist deutlich gehemmt und steigt nach der Belichtung erst im Laufe von 5 min zu ihrer normalen Größe an. Eine zweite Belichtung von nur 40 sec Dauer, während der die Algen nicht aus der Induktionsphase herausgekommen sind, bewirkt eine sehr ausgesprochene „Extraatmung". Für diesen Effekt, der unzählige Male gefunden wurde, ist ein leichter Kohlensäuremangel wesentlich.

Unter unseren normalen Bedingungen finden wir daher kein Anzeichen eines Ein-Quanten-Prozesses. (Über die von der Norm abweichenden Induktionsperioden siehe das entsprechende Kapitel weiter

unten.) Entfernt man den Sauerstoff aus der Suspension, so bleibt der photochemische Prozeß unverändert. Nur die Atmung wird unterdrückt, bis sich wieder genügend Sauerstoff angesammelt hat, um sie in Gang zu bringen. Wir haben im Laufe zweier Jahre buchstäblich viele hunderte von solchen automatischen Aufzeichnungen gesammelt. Wir sind kein einziges Mal auf Beobachtungen gestoßen, die darauf hindeuteten, daß der Mechanismus der Assimilation zu zwei Dritteln aus Rückreaktionen mit freiem Sauerstoff besteht.

c) Assimilation im Stickstoffstrom.

Bei den anaeroben Versuchen mit der Glaselektrode häuft sich der photochemisch entwickelte Sauerstoff in der Suspension an; in den mit Wasserstoff und Palladium gefüllten Manometern häuft er sich zwar nicht an, braucht aber 20 sec, um aus den 5 bis 7 ml Flüssigkeit in den Gasraum zu diffundieren. Beide Nachteile werden mit der Methode des FRANCK-PRINGSHEIM-Apparats [22] vermieden. Wir entnehmen zwei Beispiele aus der Arbeit von FRANK ALLEN [10]. $6{,}0 \times 10^{-2}$ ml Nährlösung mit 3×10^{-5} ml Chlorellazellen werden in einer 0,3 ml großen Kammer magnetisch gerührt. Ein feuchter Gasstrom von 98% N_2, 2% CO_2 und 10^{-8}% O_2 streicht durch die Kammer und dann über ein KAUTSKYsches phosphoreszierendes Farbstoffgel [23]. Die durch Sauerstoff erzeugten Schwankungen der Phosphoreszenz werden automatisch aufgezeichnet.

Während 10 min starker Belichtung entwickelten diese Chlorellazellen Sauerstoff mit einer Geschwindigkeit von 27 Zell.Vol. O_2/Stunde. $1{,}5 \times 10^{-9}$ ml Scenedesmuszellen gaben in 20 min unter den gleichen Bedingungen 40 Zell.Vol. O_2/Stunde. Der Sauerstoffdruck im Gasstrom stieg dabei nicht über $0{,}4 \times 10^{-5}$ mm Hg oder 10^{-6}%.

Hierbei ist zu beachten, daß die wirkliche Sauerstoffkonzentration im Tröpfchen größer war, als diesem Sauerstoffpartialdruck entsprechen würde. Der Partialdruck des von den Algen erzeugten Sauerstoffs im Tropfen läßt sich durch Auswaschen der ganzen, im Gleichgewicht gelöst vorhandenen Menge experimentell bestimmen. Diese Menge entspricht der Assimilation während $^1/_{10}$ sec. Nur so viel würde bestenfalls für eine Rückreaktion zur Verfügung stehen.

ALLEN berechnet den Partialdruck im Tropfen, der dem gelösten Sauerstoff entsprechen würde, zu 4×10^{-4}%. Dieser Partialdruck ist 30000mal kleiner als in Luft und immer noch über 200mal kleiner als derjenige, der notwendig ist, um die normale Atmung der Zellen in Gang zu halten. Unter diesen Umständen ist es äußerst unwahrscheinlich, daß die assimilierenden Algen den einmal entbundenen Sauerstoff wieder einfangen können, und die Assimilation müßte aus Mangel an Sauerstoff zum Stillstand kommen. Davon ist aber keine Rede. Parallelversuche mit Manometern zeigten, daß Scenedesmus unter anaeroben Bedingungen sogar besser assimiliert als in Luft, weil der hemmende Einfluß des Sauerstoffs fortfällt.

II. A. H. BROWNs aerobe Versuche mit dem Massenspektrographen.

Der einzige experimentelle Grund für die Aufstellung der WARBURGschen Theorie war die manometrisch mit dem unbewaffneten Auge sichtbare Aufspaltung der Photosynthese in Hin- und Rückreaktion. Um die Theorie des Ein-Quanten-Prozesses zu retten, ließe sich die Abwesenheit von meßbaren Rückreaktionen in den oben beschriebenen anaeroben Versuchen folgendermaßen erklären: Wir wissen, daß anaerobe Bedingungen die interne Reduktion des naszierenden Sauerstoffs (Photoperoxyde) fördern [16], [26]. Die postulierten Rückreaktionen mögen daher unter anaeroben Bedingungen bereits auf der Stufe der Photoperoxyde stattfinden. Nur in Gegenwart von viel Sauerstoff, der, wie bekannt, die Photoreduktion

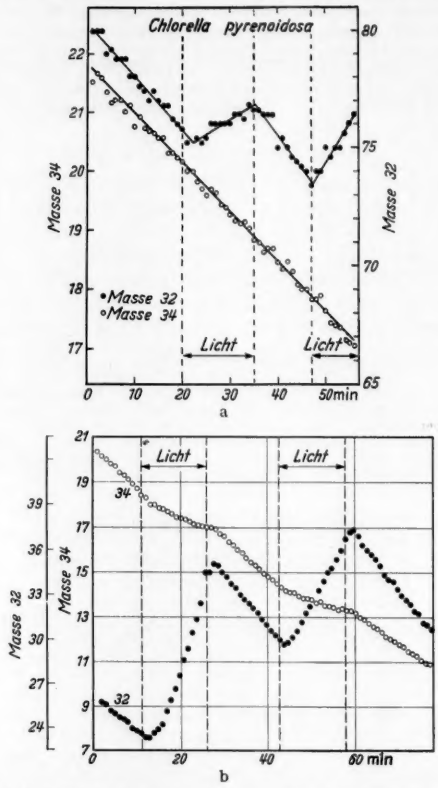


Fig. 6a u. b. Beobachtung der Atmung während der Photosynthese mit Hilfe des Massenspektrometers. a Vergleich der Änderung von O_2^{32} und O_2^{34} im Gasraum über einer Chlorellasuspension, in dem durch Photosynthese nur O_2^{32} angereichert wird (nach A. H. BROWN). b Desgl. für Anabaena (nach A. H. BROWN und G. C. WEBSTER).

hemmt, würden die Photoperoxyde nicht ganz oder teilweise reduziert, sondern sämtlich gespalten, und die Assimilation wäre in der Tat aerob auf Rückreaktionen mit freiem Sauerstoff angewiesen. Aber auch dieser Ausweg ist versperrt. A. H. BROWN [11] hat zum erstenmal das leidige Problem der Atmung während der Belichtung experimentell auf eine überzeugende Weise anpacken können. Fig. 6a u. b sind Beispiele der mit dem Massenspektrographen in Minneapolis, Minn., erhaltenen Messungen.

Fig. 6a ist nach BROWN und Mitarbeitern typisch für Chlorella oder Scenedesmus. Bei der Blaualge Anabaena (Fig. 6b) fanden BROWN und Mitarbeiter, daß je nach den Umständen die Atmung entweder ein wenig gehemmt oder beschleunigt sein kann.

Das Prinzip der Methode ist einfach. BROWN läßt die Algen (Chlorella, Scenedesmus, Anabaena) Sauerstoff atmen, der mit dem Isotop O^{18} angereichert ist. Aus dem Gasraum verschwindet daher mit dem gewöhnlichen Sauerstoff vom Molgewicht 32 auch solcher

vom Molgewicht 34. Bei Belichtung entwickeln die Pflanzen aber nur Sauerstoff mit dem Gewicht 32, da sie in normalem Wasser suspendiert sind. Der Apparat mißt und registriert in kurzen Abständen die Zu- oder Abnahme von O_2^{32} und O_2^{34}. Auf diese Weise werden Atmung und Photosynthese gleichzeitig beobachtet.

Aus ihren manometrischen Druckänderungen haben WARBURG und BURK den Schluß gezogen, daß im Licht während der Assimilation eine zusätzliche Atmung (Lichtatmung, Rückreaktion) auftritt, die doppelt so schnell verläuft wie der Gesamtprozeß. Da nun dieser selbst oft 20 bis 30mal schneller ist als die Dunkelatmung, müßte bei Lichtsättigung die Rückreaktion 40 bis 60mal schneller sein als die Atmung. Was sieht man davon im Massenspektrographen? Nichts. Die normale Atmung geht, wenn die Algen belichtet werden, fast unverändert weiter. Der O_2^{34} dringt also unbeschadet des im Licht aus der Zelle in großer Menge entweichenden O_2^{32} in sie ein und steht genau wie O_2^{32} der Zelle für Oxydationsreaktionen zur Verfügung. Ganz gleichgültig, wie rasch diese verlaufen, sie müßten sich durch einen enormen Mehrverbrauch von O_2^{34} zu erkennen geben. Der Assimilationssauerstoff strömt aus dem Chloroplasten nicht wie aus der Öffnung eines Behälters, sondern diffundiert frei nach allen Richtungen. Die Diffusion des Luftsauerstoffes wird dadurch nicht behindert. Die Frage ist nur, ob das Konzentrationsgefälle direkt am Chlorophyll weit genug reicht, um meßbare Unterschiede im Verbrauch beider Sauerstoffarten zu erzeugen. Sagt man aber angesichts der BROWNschen Versuche, der im Licht erzeugte Sauerstoff würde, soweit nötig, gleich an Ort und Stelle wieder verbraucht, so heißt das: er wird nicht frei, und man gerät wieder in das Gebiet der Photoreduktion. Außerdem ist nicht zu verstehen, warum dann nach WARBURG unter anaeroben Bedingungen die Photosynthese aus Mangel an Sauerstoff gehemmt sein soll.

Niemand wird behaupten, daß Sauerstoff, der innerhalb der Zelle erzeugt wird, keinerlei Vorsprung gegenüber dem von außen eindringenden haben sollte noch daß ein Anstieg der Konzentration von reduzierten Substanzen während der Belichtung ohne jeden Einfluß auf die Atmung bleiben müßte. Es ist die Größe der verlangten Effekte, die hier zur Diskussion steht und die im Massenspektrograph nicht zu entdecken war.

III. Induktionsperioden und Nachwirkungen (Übergangseffekte).

a) Assimilation nach anaeroben Dunkelperioden.

Wenn gesagt wird, die Assimilation bestehe zu zwei Dritteln aus Rückreaktion mit freiem Sauerstoff, so liegt es auf der Hand nachzusehen, wie sie sich verhält, wenn man den Sauerstoff fernhält. Die neuesten Versuche dieser Art haben wir oben beschrieben. Indessen ist, was dabei herausgekommen ist, im Grunde gar nicht neu.

WILLSTÄTTER und STOLL haben in ihrem berühmten Buch [*14*] ein ganzes Kapitel der Assimilation in Abwesenheit von Sauerstoff gewidmet. Sie bestätigen weiter zurück liegende Erfahrungen, daß „ein stundenlanger Entzug des Sauerstoffs vielen Chlorophyllkörnern nicht die Fähigkeit raubt, bei Wiedereintritt des Lichts sofort die Kohlensäurezersetzung aufzunehmen". Hält man die Pflanzen aber über viele Stunden im Dunkeln unter Stickstoff, so ersticken sie schließlich, manche schnell, manche langsam. WILLSTÄTTER und STOLL fanden, daß es einen Zwischenzustand geben kann, bei dem Mangel an Sauerstoff hinterher im Licht eine völlige, jedoch reversible Hemmung der Photosynthese bewirkt. „Während auf Pelargonienblätter der sauerstofffreie Gasstrom schon in einer oder in wenigen Stunden so einwirkte, daß keine Wiederbelebung der Assimilation mehr erfolgen konnte und daß die Blätter bald zugrunde gingen, ist bei Cyclamen europäum und bei einer der untersuchten Moosarten tagelanges Verweilen unter dem Partialdruck Null des Sauerstoffs nötig, um die Hemmung der Assimilation herbeizuführen, dabei blieben die Versuchspflanzen unbeschädigt."

Aus Versuchen dieser Art wurde merkwürdigerweise der Schluß gezogen, „daß nicht freier Sauerstoff, aber dissoziabel gebundener für die Assimilationsreaktion unentbehrlich ist". Bedenkt man, daß unter diesen Umständen die Dauer der Dunkelperiode eine Rolle spielt, so muß man fragen, ob nicht die Produkte des anaeroben Stoffwechsels den Mechanismus der Assimilation entweder hemmen oder so abändern können, daß der WILLSTÄTTER-STOLL-Effekt zustandekommt. Etwas Sauerstoff wäre dann in der Tat notwendig, um die in der Anaerobiose eingetretenen Veränderungen zu beseitigen. Es ist leicht einzusehen, daß eine auf diese Weise erzeugte Hemmung zur Lösung der Frage, ob bei der normalen Assimilation ständig $^2/_3$ des im Licht entbundenen Sauerstoffs zurückreagiert, recht wenig beitragen kann. Da O. WARBURG aber eine nach anaeroben Bedingungen beobachtete Hemmung zugunsten der Rückreaktionstheorie ausgelegt hat [*15*], müssen wir auf diese Phänomene eingehen.

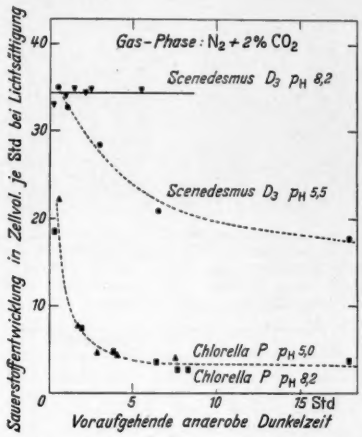


Fig. 7. Einfluß der Dauer der vorangehenden Anaerobiose im Dunkeln auf die maximale Sauerstoffentwicklung während der Photosynthese im Stickstoffstrom. Chlorella zeigt bereits nach 30 min anaerober Dunkelzeit einen starken Abfall von der aeroben Leistung, Scenedesmus ist bei p_H 5,5 etwas, bei p_H 8,2 gar nicht empfindlich (nach F. ALLEN).

FRANK ALLEN hat mit der oben beschriebenen, höchst empfindlichen Methode die alten GAFFRONschen Versuche über anaerobe Induktion aus dem Jahre 1935 [*24*] und die von FRANCK, PRINGSHEIM und LAD aus dem Jahre 1945 [*22*] wiederholt und erweitert. Er konnte bestätigen, daß genau wie bei WILLSTÄTTER und STOLL die Erscheinungen von der Spezies der benutzten Pflanze, von der Wasserstoffionenkonzentration des Mediums und von der Dauer der Dunkelzeit abhängt, d.h. von veränderlichen Faktoren, die nicht das Wesen der Assimilation betreffen. Dabei stellte sich heraus, daß Chlorella für Assimilationsversuche in Stickstoff das denkbar ungeeignetste Objekt ist, da schon nach kurzer Zeit im Dunkeln die Induktion merklich verlängert ist, während Scenedesmus besonders bei p_H 8,2 auf Entzug von Sauerstoff nicht auf diese Weise reagiert (Fig. 7). Bei Scenedesmus geht die normale Sauerstoffentwicklung nicht nur in Abwesenheit von Sauerstoff weiter, sondern sie beginnt auch nach einer anaeroben Dunkelzeit ebenso schnell wie in Luft. Bei Chlorella andererseits besteht ein doppelter Effekt der Anaerobiose: Sauerstoff wird immer, wie Fig. 8 zeigt, gleich in den ersten Sekunden der Belichtung entwickelt, aber mit der Dauer der voraufgehenden sauerstofflosen Dunkelzeit verlängert sich nicht nur die nachfolgende Induktionsperiode, sondern es vermindert sich auch die maximale Leistung bei Lichtsättigung (vgl. Fig. 9). Man kann

dies natürlich nur in der von ALLEN benutzten Versuchsanordnung finden, bei der der entwickelte Assimilationssauerstoff durch einen Stickstoffstrom entfernt wird. Die Algen kommen nicht in die Lage, zu atmen, und können deshalb, was immer die Hemmung bewirkt, nicht durch Oxydation beseitigen (Fig. 9). Dies ist ein wesentlicher Unterschied gegenüber den Versuchen über Induktion von HILL und WHITTINGHAM [*21*], die im übrigen auch keine Andeutung für die Existenz des Ein-Quanten-Prozesses gefunden haben.

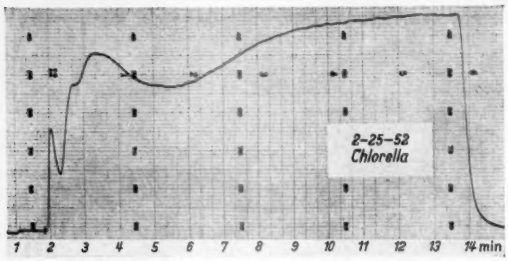


Fig. 8. Beginn der Sauerstoffentwicklung bei Belichtung von Chlorella im Stickstoffstrom nach einer anaeroben Dunkelzeit von 30 min. Erstes Maximum nach 15 sec, zweites nach 90 sec; stationärer Zustand nach 10 min. Zellkonzentration $6 \cdot 10^{-3}$ g/ml; 820 Lux (nach F. ALLEN).

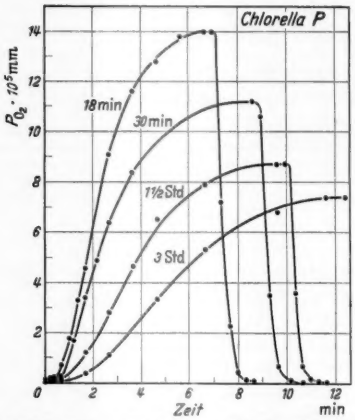


Fig. 9. Induktionskurven für Sauerstoff bei der Photosynthese von Chlorella im Stickstoffstrom. Abhängigkeit von der Dauer der vorangehenden Anaerobiose, 18 min bis 3 Std. Die Hemmung bleibt trotz der Entwicklung von Sauerstoff bestehen (nach F. ALLEN).

b) Normale Übergangseffekte für Sauerstoff.

Seit vielen Jahren herrscht Einigkeit darüber, daß in grünen Zellen die Assimilation am Anfang und die Atmung gleich nach dem Ende einer Lichtperiode von ihren stationären Zuständen im Licht oder im Dunkeln abweichen. Die Geschwindigkeit der Assimilation ist meistens kleiner, die der Atmung größer; außerdem muß man damit rechnen, daß Kohlensäure und Sauerstoff während der Übergänge Dunkel—Hell und Hell—Dunkel nicht in gleichen Mengen ausgetauscht werden. Die Reduktion der Kohlensäure und die Entwicklung des Sauerstoffes gehen getrennte Wege und werden durch den Zellstoffwechsel in verschiedener Weise beeinflußt. Ein assimilatorischer Quotient CO_2/O_2 gleich eins ist nur der Durchschnittswert für den einigermaßen stationären Zustand und auch nur dann, wenn weder Nitratreduktion noch Proteinbildung oder andere Synthesen einen merkbaren Anteil des Gesamtstoffwechsels ausmachen. Wie kompliziert die Verhältnisse sein können, wurde allerdings erst klar, nachdem CALVIN und BENSON Phosphoglycerinsäure als erstes stabiles Zwischenprodukt der Photosynthese entdeckten. Atmung und Assimilation beeinflussen sich gegenseitig also nicht nur auf dem Wege über ihre Endprodukte, sondern auch auf dem über ihre Zwischenstufen. Ein unveränderlicher assimilatorischer Quotient während der Induktion würde demnach eher ein Ausnahmefall als die Regel sein. Um dies zu beweisen, hat es bisher aber an eindeutigen, rasch registrierenden und spezifischen Methoden gefehlt. Erst auf der Gatlinburger Tagung im Herbst 1952 haben BRACKETT und OLSON einerseits und wir andererseits über Versuche mit der Platinelektrode bzw. der Glaselektrode berichtet. Diese zwei Methoden ergänzen sich, und die erhaltenen Ergebnisse stützen sich gegenseitig. Kürzlich haben DAMASCHKE u. a. [*25*] Experimente mit einer andern Art Platinelektrode beschrieben, auf die wir im nächsten Abschnitt eingehen werden.

BRACKETT, OLSON und CRICKARD [*12*] fanden, daß — von der ersten Belichtungsperiode abgesehen — im intermittierenden Licht mittlerer Intensität für Sauerstoff die Induktion normalerweise immer sehr kurz, oft scheinbar gar nicht vorhanden ist, d.h., Sauerstoff wird im ersten Augenblick mit der für die benutzte Lichtstärke maximalen Geschwindigkeit entwickelt. Erst einige Sekunden später treten Schwankungen auf, die sich nach 1 bis 2 min ausgleichen (vgl. auch Fig. 7). Unmittelbar nach der Belichtung ist die Atmung verstärkt und nähert sich auf komplizierte Weise langsam dem Normalwert. Obgleich in der BRACKETTschen Apparatur Geschwindigkeitsänderungen der Sauerstoffentwicklung oder -absorption innerhalb von 10 sec erfaßt werden können, zeigt keine der veröffentlichten Messungen bei Übergängen irgendeine Beschleunigung des Stoffwechsels von der Größe, wie sie nach den zahlreichen manometrischen Messungen der WARBURGschen Schule zu erwarten wäre.

Kürzlich hat WHITTINGHAM [*35*] mit der spektrophotometrischen Hämoglobinmethode von HILL zur Messung von Sauerstoff ausdrücklich nach dem WARBURGschen Ein-Quanten-Prozeß gesucht und ihn nicht gefunden. Die Sauerstoffentwicklung in Chlorella pyrenoidosa war in 1 bis 3 min langen Lichtperioden nicht größer als bei kontinuierlicher Belichtung. Übergangseffekte dauerten nur wenige Sekunden.

Bei der photochemischen Reduktion von Chinon und anderen HILL-Reagenzien durch Chloroplasten gibt es keine meßbare Induktion. Dies legt nahe, die Hauptursache für Übergangseffekte — wenn wir von den anaeroben Versuchen absehen — auf der Seite der Kohlensäurefixation zu suchen.

c) Übergangseffekte für Kohlensäure.

Konstante und beliebig reproduzierbare Induktionskurven für Kohlensäure erhält man nur nach einer kurzen Folge von gleichmäßig intermittierenden Licht—Dunkel-Perioden. Die allererste Belichtung gibt nach EMERSON und LEWIS oft eine von der Kohlensäurekonzentration abhängige Kohlensäureentwicklung [*3b*]. Aber auch jede andere Alge zeigt

eine Induktion, die von den späteren mehr oder weniger stark abweicht, meistens in der Weise, daß alle für die betreffende Algensuspension charakteristischen Erscheinungen sehr verlängert und verstärkt zu sehen sind.

Im Beispiel der Fig. 4 sehen wir, daß beim Ausschalten des Lichtes die Kohlensäureaufnahme nicht abrupt aufhört, sondern wie bekannt („Pick up") noch einige Sekunden weiterläuft. Dann folgt eine Kompensationspause von 20 sec, in welcher Kohlensäure weder abgegeben noch aufgenommen wird, darauf die normale Atmung. Die Wasserstoffionenkonzentration fällt gleichmäßig. Sowie das Licht auf die Algen trifft, wird die Atmung sofort kompensiert. Diese Kompensationsperiode dauert hier 15 sec. Ihre Länge variiert je nach dem Zustand der Algen von 0 bis 60 sec.

Im Laufe zweier Jahre haben wir eine sehr große Anzahl solcher Kurven unter den verschiedensten Bedingungen und mit verschiedenen Organismen erhalten.

Bei ausreichender Versorgung mit Kohlensäure (Partialdruck 0,5 bis 2%), neutraler Reaktion des Mediums (p_H 6,5 bis p_H 7,2), mit frischen Algen aus jungen Kulturen sind die charakteristischen Übergangserscheinungen bei Chlorella, Scenedesmus, Stichococcus und Chroococcus die gleichen.

Wie längst bekannt, dauert es nach Dunkelperioden von mehr als 2 min etwa 1 min, bis die Kohlensäureaufnahme im Licht ihre volle Geschwindigkeit erreicht, und die Nachwirkungen einer Lichtperiode erstrecken sich über mehrere Minuten. Jedoch keine der früher benutzten Methoden vermag rasch aufeinanderfolgende Reaktionen des Kohlensäureaustausches so treu wiederzugeben wie die von uns benutzte Glaselektrode: In den hier wiedergegebenen Kurven sieht man daher zum ersten Male, daß selbst die einfacheren normalen Induktionsphänomene komplizierter Natur sind.

Außer den erwähnten Versuchen von BRACKETT und von WHITTINGHAM lassen auch die Fluoreszenzanalyse, die Chemilumineszenz und Beobachtungen von ALLEN keinen Zweifel, daß die Übergangserscheinungen für Sauerstoff anders aussehen. Die zwei kurz dauernden, scheinbar vollständigen Hemmungen des Stoffwechsels gelten nur für Kohlensäure. Die Sauerstoffentwicklung oder -aufnahme wird davon nicht betroffen. Und wo eine scheinbar entsprechende Verminderung der Sauerstoffproduktion auftritt, ist sie anderer Art — sie folgt sekundär auf einen zunächst ungestörten Anfang ([*12*] und Fig. 7). In all den Hunderten von Versuchen, deren Induktionsbilder wir besitzen, muß also der Wert des Quotienten O_2/CO_2 zu Beginn der Belichtung beliebig weit von dem üblichen Wert *eins* abgewichen sein.

Wie eben erwähnt, hängt die Länge der Kompensationsperioden von der Spezies und der Vorbehandlung der Algen ab. Die verschiedenen Kurvenbilder bleiben dabei entweder symmetrisch, d.h., die Perioden am Anfang und Ende einer kurzen Belichtung sind gleich lang, oder — was viel häufiger vorkommt — sie ändern sich so, daß die erste Kompensationsperiode im Licht kleiner wird, während die zweite im Dunkeln bestehen bleibt. Wir hoffen, durch Vergleiche mit ähnlichen Experimenten von BRACKETT und NELSON darüber Auskunft zu erhalten, was dieser oder jener charakteristischen Kurvenform zugrunde liegt. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, daß die geplante direkte Vereinigung der Glaselektroden- mit der Platinelektrodenmethode etwas anderes ergibt als die korrespondierenden Reihen der Versuche aus zwei verschiedenen Laboratorien.

Eins steht schon jetzt fest: würde man unsere Algen mit hinreichender Genauigkeit in Manometern beobachten können, so würde man in sauren Lösungen nach jedem Übergang zunächst größere Druckänderungen pro Zeiteinheit sehen als später. In alkalischen Puffern aber würden diese Anomalien unsichtbar bleiben. Ein solches Verhalten wäre dem von WARBURG und BURK beschriebenen Ein-Quanten-Prozeß zum Verwechseln ähnlich.

d) Rückreaktionen.

Die Erscheinungen, die wir in der Fig. 4 gezeigt haben, möchten wir als normal betrachten, weil sie am häufigsten gerade unter den Bedingungen auftreten, die im kontinuierlichen Licht für das Wachstum

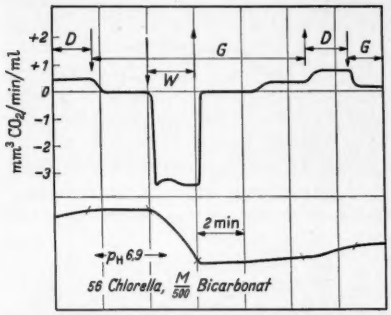


Fig. 10. Kompensation der Atmung durch schwaches grünes Licht. 2 min Photosynthese im starken weißen Licht. Untere Kurve: registrierte p_H-Änderungen; obere Kurve: abgeleitete Geschwindigkeiten des Kohlensäureumsatzes. Eine Extraatmung gleich nach der Belichtung ist nicht zu sehen. *D* Dunkelheit; *G* schwaches grünes, kompensierendes Licht; *GW* wie *G*, aber starkes weißes Licht überlagert.

der Pflanzen optimal sind. Es ist aber seit langem bekannt, daß es Induktionen gibt, die völlig anders aussehen. Wir kennen z.B. seit 1939 bei Chlorella und anderen Pflanzen den EMERSON-Effekt, die photochemische Entbindung von Kohlensäure während der ersten Minuten der Belichtung [*3b*]. Auf Grund eigener Versuche ist KOK [*36*] zu der Überzeugung gekommen, daß der Ein-Quantenprozeß nichts andres ist als ein durch 10% Kohlensäure besonders verstärkter EMERSON-Effekt. Die Literatur über besondere Induktionseffekte und Rückreaktionen ist zu groß, um im Rahmen dieser Arbeit im einzelnen abgehandelt zu werden. Es genüge zu sagen, daß wir alle bisher irgendwo beschriebenen Übergangseffekte im Laufe unserer Versuche angetroffen haben und einige neue dazu.

Rückreaktionen sind auf allen Stufen des Assimilationsprozesses zu erwarten (s. hierzu z.B. die Literatur über Chlorophyllchemilumineszenz). Wie wir oben gezeigt haben, spielen sie normalerweise im sichtbaren Gasaustausch der Algen so gut wie keine Rolle. Erscheinungen wie die Extraatmung nach der zweiten Belichtungsperiode in Fig. 5 veranlaßten uns aber, ein wenig herumzuprobieren. Wir fanden so, daß starke Rückreaktionen künstlich erzeugt werden können.

Der vielbesprochene Kunstgriff, erst die Dunkelatmung mit schwachem Licht zu kompensieren und dann darüber hinaus 2 min lang stark zu belichten, ergab allerdings nichts, wie Fig. 10 zeigt. Dagegen fanden wir sehr ausgeprägte Rückreaktionen (Extraatmung) im intermittierenden Licht, wenn die Algen unter Mangel an Kohlensäure litten. Man beginnt bei dieser Art von Versuchen die Beobachtungen dort, wo man sie sonst abbrechen würde — nämlich wenn die

Assimilationsgeschwindigkeit anfängt abzufallen. Im Versuch der Fig. 11 ließen wir eine Scenedesmus-Suspension in 0,002 M Bicarbonat zuerst 1 Std lang am Fenster im Sonnenlicht assimilieren, während ein starker Gasstrom von 4 % CO_2 in Luft durch die Suspension geblasen wurde. In geschlossenem Apparat und bei der üblichen Belichtung assimilierten danach diese Zellen völlig normal, bis die Kohlensäure nahezu aufgebraucht war.

Hierbei änderte sich die Größe des Stoffwechsels während einer Folge von Ein-Minuten-H.-D.-Perioden wie folgt:

p_H		6,9	7,0	7,4
Zellvol. CO_2/Std	Licht	−34	−32	−23
	Dunkel	+1,0	+1,0 (+5,0)	+1,3 (+7,2)

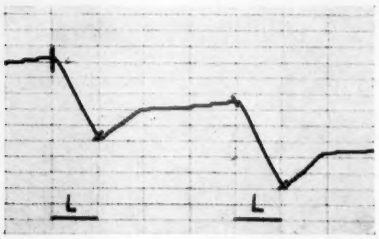


Fig. 11. Rückreaktion in Scenedesmus. 0,002 M Bicarbonat; p_H 7,5; leichter Kohlensäuremangel. 40 sec Licht und 120 sec Dunkelheit.

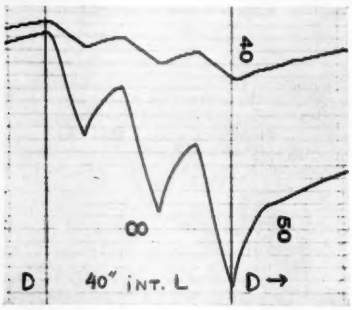


Fig. 12. Rückreaktion in Scenedesmus. Ungepufferte wäßrige Suspension; p_H 6,8 bis 7,1. Drei Lichtperioden von 40 sec. Obere Kurve schwache Lichtintensität, untere Kurve hohe Lichtintensität (etwa 10mal).

Die eingeklammerten Zahlen sind Werte für die Geschwindigkeit der Atmung wenige Sekunden nach einer kurzen Belichtungsperiode. Fig. 11 ist ein Bild eines Teiles der registrierten Kurve zwischen p_H 7,4 und 7,5. Wir sehen zwei Lichtperioden von je 40 sec Dauer, unterbrochen durch 120 sec Dunkelheit. Für den Kohlensäuremangel ist charakteristisch, daß die Geschwindigkeit der Lichtreaktion schon während der 40 sec Belichtung weiter abzusinken beginnt. Die nachfolgende Extraatmung im Dunkeln dauert etwa 40 sec und hört dann plötzlich auf. Dieser ziemlich abrupte Übergang der Extraatmung in die normale ist auch in Fig. 12 zu sehen. In diesem Versuche wurden die Algen einfach in mit 4 % CO_2 gesättigtem Wasser suspendiert und so lange im Apparat belichtet, bis p_H von 5 auf 7 gestiegen war. Der Bildausschnitt zeigt je drei Hell- und Dunkelperioden von 40 sec Dauer zwischen längeren Dunkelzeiten. Bei schwacher Lichtintensität (obere Kurve) ist das Verhalten der Algen noch beinahe normal, bei starker Belichtung (untere Kurve) treten Rückreaktionen auf, die anfänglich über 10mal schneller laufen als die normale Atmung. Unter den Bedingungen dieses Versuches läßt sich der Gaswechsel nicht wie in Bicarbonatlösungen berechnen. Die relativen Reaktionsgeschwindigkeiten im Licht verhalten sich bei niederen und hohen Intensitäten zu Beginn einer 40 sec-Periode ungefähr wie 3,4:22, am Ende wie 3,2:10. Entsprechend im Dunkeln am Anfang wie 2:18, nach 40 sec wie 1,2:1,5.

Es sieht so aus, als ob im starken Licht der Partialdruck der Kohlensäure für den normalen Gang der Photosynthese nicht ganz ausreicht, wohl aber für eine reduktive Carboxylierung durch die überschüssige Lichtenergie — ein Vorgang, der im Dunkeln sofort wieder rückgängig gemacht wird. Im Vergleich zu den BURK-WARBURGschen Versuchen gibt es zwei Möglichkeiten: entweder ist die Ähnlichkeit unserer Rückreaktion mit den dort beobachteten rein äußerlich und sie haben nichts miteinander zu tun — oder die Erscheinungen sind ihrem Wesen nach gleich, und dann liegt kein Grund vor, sie als Photodissoziation und Bildung einer sehr energiereichen und doch im Dunkeln stabilen Verbindung RH_4O_2 zu beschreiben.

Will man aus diesen Beobachtungen etwas über den Mechanismus der Photosynthese lernen, so muß man dies an Hand einer Hypothese versuchen, die mehr als nur ein vereinzeltes Phänomen zu erklären erlaubt. Es ist unzulässig, sich z. B. allein auf den Typus von Rückreaktionen der Fig. 11 und 12 zu stützen, wenn man weiß, daß, wie wir gefunden haben, diese Rückreaktionen immer dann auftreten, wenn die normale Kohlensäurereduktion gestört ist, — entweder direkt durch Kohlensäuremangel im umgebenden Medium oder indirekt durch momentane zu hohe Lichtintensität oder paradoxerweise durch Vergiftung mit zuviel Kohlensäure. Daß Algen in Gegenwart von 10 oder gar 50% Kohlensäure die von DAMASCHKE u. a. [*25*] beschriebenen Rückreaktionen mit Sauerstoff geben, scheint uns daher sehr verständlich. Wir möchten annehmen, daß es sich um das gleiche Phänomen handelt, besonders da wir Rückreaktionen von dieser Größe bisher nicht in Abwesenheit von Sauerstoff gesehen haben. Die Pflanzen, bei denen die anomalen Übergangseffekte auftreten, assimilieren nach unserer Erfahrung im stationären Zustand niemals besser, meistens schlechter als solche, die ungestört sind. Seitdem Induktionsperioden registriert worden sind, sind sie immer als Verluste für die eigentliche Photosynthese gebucht worden. Wieso gerade im intermittierenden Licht mit Perioden zwischen ein und 3 min, in denen fast alle Pflanzen schlecht, manche gar nicht wachsen [*37*], die Ausbeute der Photosynthese besonders gut sein soll [*1*], wäre an sich ein unerklärlicher Widerspruch, wenn wir nicht wüßten, daß unter diesen Umständen die photochemischen Reaktionen alles andere als normal sind (vgl. hierzu die ausführliche Arbeit von J. FRANCK [*6*]).

e) Erklärung der Übergangseffekte und Rückblick auf die Literatur.

Alle bisher gesehenen Induktionserscheinungen kann man auf Grund längst bekannter Erfahrungen im Prinzip widerspruchslos verstehen, selbst wenn es noch weiterer Arbeit bedürfen sollte, um den Einzelfall im Detail zu erklären. Die Assimilation besteht aus einer Reihe von Teilprozessen, die nicht starr miteinander verknüpft sind. Die Reaktionen, die auf die photochemische Wasserzerlegung folgen, sind nicht immer die gleichen und verlaufen nicht immer gleich schnell. Auf der Sauerstoffseite des Assimilationsmechanismus werden die Dehydrogenationsprodukte des Wassers nicht ausschließlich zu freiem Sauerstoff dismutiert. Sie können auch durch Wasserstoffdonatoren aller Art reduziert werden oder auch mit der äquivalenten Menge reduzierter Zwischenprodukte zurückreagieren. Dies sind keine bloßen Annahmen, wir wissen es auf Grund von Experimenten (vgl. GAFFRON [*13*], [*26*]; STREHLER und ARNOLD [*27*]).

Auf der Kohlensäureseite haben wir 1. die Fixierung von Kohlensäure gekoppelt mit der Reduktion eines C_2-Körpers, 2. die Reduktion der so gebildeten Phosphoglycerinsäure, 3. Reduktionen, die wahrscheinlich auf dem Wege von Rückreaktionen energiereiches Phosphat liefern, 4. Nebenreaktionen entweder mit freiem Sauerstoff oder mit verschiedenen prosthetischen Enzymgruppen (vgl. die Literaturübersichten von A. PIRSON [*28*]). Bedenkt man ferner, daß der Reduktionszustand der Zelle und die Konzentration der Zwischenprodukte die Geschwindigkeit bestimmen, mit der die an der Assimilation beteiligten Enzyme arbeiten, so braucht man sich über die Mannigfaltigkeit der Übergangseffekte nicht sehr zu wundern.

Eine konstante Geschwindigkeit der Assimilation nach Ablauf der Induktion bedeutet, daß die Fixierung der freien Kohlensäure, die Reduktion der Phosphoglycerinsäure, die Umwandlung von Kohlenhydraten in den Zwei-Kohlenstoffakzeptor und andererseits die Sauerstoffbildung sich aufeinander eingespielt haben. Die jeweilige Menge der Zwischenprodukte und die Aktivität der Enzyme als innere Faktoren, Lichtintensität, Temperatur und Kohlensäurezufuhr als äußere Faktoren bestimmen einerseits die Maximalgeschwindigkeit (Sättigung), andererseits bei niederen Lichtintensitäten die Ausbeute. Wenn die Beleuchtung aufhört oder sich ändert, ist es selbstverständlich, daß sich das innere Stoffwechselgleichgewicht im Dunkeln verschiebt und als Folge später eine Induktion auftritt. Haben wir nach einer Dunkelzeit einen Überschuß von Carbonsäuren oder von oxydierten Enzymen, so folgt im Licht eine Sauerstoffentwicklung ohne die entsprechende Aufnahme von Kohlensäure. Haben wir anfänglich eine größere Menge von Akzeptor, als später nachgeliefert wird, so wird am Anfang mehr Kohlensäure reduziert als später. Fehlt es überhaupt an Wasserstoffakzeptoren, so treten Rückreaktionen auf, die die sichtbare Sauerstoffentwicklung herabsetzen usw.

Ebenso läßt sich voraussagen, was wir *am Ende* einer Belichtungszeit erwarten dürfen. Wenn auch die Wasserzerlegung sofort aufhört, so liefern die Zwischenprodukte etwas C_2-Akzeptor (wahrscheinlich in der Form von Pentose, vgl. [*9*]). Da außerdem ein gewisser Überschuß an reduzierten Substanzen vorhanden sein muß, geht die Kohlensäureaufnahme noch einige Zeit weiter. Was an Zwischenprodukten nicht auf diese Weise verbraucht wird, verschwindet durch Oxydation oder Decarboxylierung. Je nach der Natur der übrig bleibenden Substanzen finden wir eine Extraatmung mit oder ohne Kohlensäureentwicklung. Tritt während der Belichtung Kohlensäuremangel ein, so werden neben dem normalen Substrat andere Substanzen reduziert. Der Stoffwechsel im Licht und später im Dunkeln weicht dann von der bekannten Form ab.

Es ist eben völlig richtig, was schon 1935 nachgewiesen wurde [*24*], nämlich „daß dies Phänomen (Induktion) erst sekundär durch eine Verkettung mit anderen Stoffwechselvorgängen hervorgerufen wird", daß „für den Beginn der Kohlensäureassimilation in grünen Pflanzen ... molekularer Sauerstoff weder in freier noch gebundener Form erforderlich (ist)", und daß nach anaeroben Dunkelzeiten „nicht Sauerstoffmangel, sondern Gärungsprodukte für die Assimilationshemmung verantwortlich (sind)".

Damit ist aber weder gemeint, daß Sauerstoff ganz ohne Einfluß sei, noch daß innere Rückreaktionen nicht vorkommen sollen. Im Gegenteil, der normale Einfluß des Sauerstoffs ist dreifach: erstens direkte Photoxydation, dann Oxydation im Wettbewerb mit Kohlensäure (d.h. Sauerstoff als HILL-Reagenz) und drittens Atmung. Eine verstärkte Atmung unmittelbar nach der Belichtung ist seit 1932 oft beobachtet und besprochen worden.

Für alles dies haben wir jetzt bessere Beweise als vor 20 Jahren, aber erkannt wurde es schon damals von BRIGGS [*17*], VAN DER PAAUW [*31*], GAFFRON [*32*] u. a.; denn WARBURG hatte 1923 [*33*] gefunden, daß in Chlorella „Blausäure die photochemische Sauerstoffabspaltung aus Kohlensäure hemmt, nicht aber die Sauerstoffabspaltung aus Zwischenprodukten der Atmung ... In der bestrahlten, blausäurebeladenen Zelle entsteht keine Atmungskohlensäure". Wenn wir jetzt auch wissen, daß der Sauerstoff aus dem Wasser und nicht aus der Kohlensäure stammt, so ist die Beobachtung doch richtig und leicht zu reproduzieren; und ebenso glauben wir an die Schlußfolgerung. Wir haben hier einen der Hinweise auf die mögliche Verkettung von Atmungs- und Assimilationsvorgängen (vgl. [*6*], [*27*]). (Vgl. WEIGL [*29*] und GIBBS [*30*].)

VAN DER PAAUW [*31*] hat als erster darauf hingewiesen, was für Konsequenzen die Reduktion von Atmungszwischenprodukten für Messungen der Energieausbeute haben würde. Er beobachtete auch die übernormale Sauerstoffaufnahme gleich nach einer Belichtung und erklärte sie als das Abklingen einer besonders hohen Lichtatmung. GAFFRON [*32*] dagegen hielt die kurzfristige gesteigerte Sauerstoffabsorption „für eine gerade in diesem Augenblick eintretende Oxydation". Die neuen Versuche zeigen, daß beide Effekte vorkommen, normalerweise aber klein sind und selbst, wo sie verstärkt auftreten, nicht die Größe erreichen, die sie nach Fig. 3 in der Arbeit von WARBURG [*2*] haben sollten. Nur wenn die Assimilation im stationären Zustand durch Gifte (zu denen auch ein großer Überschuß an Kohlensäure gehört) oder Mangel an Kohlensäure gehemmt ist, finden wir Übergangserscheinungen, die der Größe nach ungefähr mit den von WARBURG und BURK beschriebenen übereinstimmen. Nach dem oben Gesagten lassen sich in unseren Versuchen die Effekte leicht verstehen. Sie sind die Folge der Anhäufung oder Eliminierung von Zwischenprodukten oder der Überlagerung durch Nebenreaktionen. Es ist aber höchst unwahrscheinlich, daß unsere Algen unter diesen Umständen mit besonders guter Ausbeute arbeiten. Dagegen soll nach Fig. 3 des WARBURGschen Aufsatzes in dieser Zeitschrift [*2*] im intermittierenden Licht der Quantenbedarf des Gesamtprozesses 3,5 Quanten pro Molekel reduzierter Kohlensäure betragen. J. FRANCK [*6*] hat sich bemüht, durch eine sorgfältige, kinetische Analyse der Induktionsphänomene die unwahrscheinlich guten Ausbeuten auf dieser Grundlage verständlich zu machen.

Aber ganz unabhängig von jeder Theorie sind wir gezwungen, festzustellen, daß bei uns in Übereinstimmung mit den Erfahrungen von EMERSON, von BRACKETT, von BROWN und von WHITTINGHAM weder der *Ein*-Quantenprozeß noch die entsprechenden Rückreaktionen mit freiem Sauerstoff existieren. Die ähnlichen Phänomene, die wir und andere beobachtet

haben, fügen sich ohne weiteres in das bereits bestehende Gesamtbild der Photosynthese und bedürfen daher zu ihrer Erklärung keiner neuen Theorie der Assimilation.

Zusatz bei der Korrektur. Inzwischen sind zwei neue Arbeiten aus dem Dahlemer Institut erschienen. Die Titel sind „Katalytische Wirkungen des blaugrünen Lichts auf den Energieumsatz bei der Photosynthese" [*38*], und „Sauerstoff-Kapazität der Chlorella" [*39*]. Unserem Ermessen nach sind die in diesen Arbeiten beschriebenen Beobachtungen experimentell nicht sicher gestellt. Sie geben uns daher keinen Grund, die oben geäußerten Ansichten zu revidieren (vgl. [*40*]).

Literatur.

[*1*] Burk, Dean, u. Otto Warburg: Z. Naturforsch. **6b**, 12 (1951). — Warburg, Otto, Horst Geleit u. Klaus Briese: Z. Naturforsch. **6b**, 285, 411 (1951). — [*2*] Warburg, Otto: Naturwiss. **39**, 337 (1952). — [*3a*] Manning, W. M., J. F. Stauffer, B. M. Duggor and F. Daniels: J. Amer. Chem. Soc. **60**, 266 (1939). — [*3b*] Emerson, R., and C. M. Lewis: Amer. J. Bot. **28**, 789 (1941). — [*4a*] Daniels, F., u. T. Yuang: Biochim. Biophys. Acta (im Druck). — [*4b*] Yocum, C. S., and L. R. Blinks: J. Gen. Physiol. **38**, 1 (1954). — [*4c*] Bassham, J. A., and K. Shibata: Federation Proc. **14**, 178 (1955). — [*4d*] Larsen, H.: In Autotrophic Micro-organisms. Symp. Soc. Gen. Microbiol. Cambridge Univ. Press **4**, 186 (1954). — [*5*] Nishimura, M. S., C. P. Whittingham and R. Emerson: Symp. Soc. Exp. Biol. **5**, 176 (1951). — [*6*] Franck, James: Arch. Biochem., Biophys. **45**, 190 (1953). — [*7*] Emerson, R., and Ch. M. Lewis: Amer. J. Bot. **30**, 165 (1943). — [*8*] Warburg, O., G. Krippahl, W. Schröder, W. Buchholz u. E. Theel: Z. Naturforsch. **9b**, 164 (1954). — [*9*] Bassham, J. A., A. A. Benson, L. D. Kay, A. Z. Harris, A. T. Wilson and M. Calvin: J. Amer. Chem. Soc. **76**, 1760 (1954). — [*10*] Allen, Frank: Thesis, University Chicago, April 1954. — [*11*] Brown, Allan, H.: Amer. J. Bot. **40**, 719 (1953). — Brown, A. H., and G. C. Webster: Amer. J. Bot. **40**, 1753 (1953). — [*12*] Brackett, F. S., R. A. Olson and R. G. Crickard: J. Gen. Physiol. **36**, 529, 563 (1953). — [*13*] Gaffron, H.: Symp. Soc. Gen. Microbiol. Cambridge Univ. Press **4**, 152 (1954). — [*14*] Willstätter, R., u. A. Stoll: Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure. Berlin: Springer 1918. — [*15*] Warburg, O.: Z. Elektrochem. angew. physik. Chem. **55**, 447 (1951). — [*16*] Gaffron, H.: Amer. J. Bot. **27**, 204 (1940). — J. Gen. Physiol. **98**, 269 (1945). — [*17*] Briggs, G. E.: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. B **113**, 1 (1933). — [*18*] Pirson, A., I. Krollpfeiffer u. G. Schaefer: Marburger Sitzgsber. **76**, 3 (1953). — [*19*] Blinks, R., and R. K. Skow: Proc. Nat. Acad. Sci. USA. **24**, 413, 420 (1938). — [*20*] Rosenberg, J. L.: J. Gen. Physiol. **37**, 735 (1954). — [*21*] Hill, R., and C. P. Whittingham: New Phytologist **52**, 133 (1953). [*22*] Franck, J., P. Pringsheim and D. T. Lad: Arch. Biochem., Biophys. **7**, 103 (1945). — [*23*] Kautsky, H., u. G. O. Müller: Z. Naturforsch. **2a**, 167 (1947). — [*24*] Gaffron, H.: Biochem. Z. **280**, 337 (1935). — [*25*] Damaschke, K., F. Tödt, D. Burk u. O. Warburg: Biochim. Biophys. Acta **12**, 347 (1953). — [*26*] Gaffron, H.: Biolog. Rev. **19**, 1 (1944). — [*27*] Strehler, B. L., and W. Arnold: J. Gen. Physiol. **34**, 809 (1951). — [*28*] Pirson, A.: Fortschr. Bot. **14**, 289 (1953). — [*29*] Weigl, J. W., P. M. Warrington and M. Calvin: J. Amer. Chem. Soc. **73**, 5058 (1951). — [*30*] Gibbs, M.: Arch. Biochem., Biophys. **45**, 156 (1953). — [*31*] Paauw, F. van der: Recueil Trac. bot. néerl. **29**, 497 (1932). — Planta **24**, 353 (1935). — [*32*] Gaffron, H.: Biochem. Z. **292**, 241 (1937). — [*33*] Warburg, O.: Biochem. Z. **103**, 188 (1920). — [*34*] Rabinowitch, E.: Photosynthesis, Bd. I. New York 1945. — [*35*] Whittingham, C. P.: Plant Physiol. **29**, 473 (1954). — [*36*] Kok, B.: Congr. Photobiologie, Amsterdam, Sept. 1954. — [*37*] Garner, W. W., and H. Allard: J. Agric. Rev. **42**, 645 (1931). — [*38*] Warburg, O. G. Krippahl u. W. Schröder: Z. Naturforsch. **9b**, 667 (1954). — [*39*] Warburg, O., G. Krippahl, W. Schröder u. W. Buchholz: Z. Naturforsch **9b**, 769 (1954). — [*40*] Gaffron, H.: Z. Naturforsch. (im Druck).

Biochemisches Institut der Universität Chicago (Fels Fund) und Chemisches Institut der Universität Pittsburgh.

Eingegangen am 12. August 1954.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich.

Ermittlung der Randspannung bei querkraftfreier Biegung mit gemischt elastisch-plastischer Verformung.

Bei Biegeversuchen an prismatischen Stäben läßt sich durch Messung unmittelbar nur die Beziehung zwischen dem angelegten Biegemoment M und der Randdehnung ε angeben, meist in der Form $\sigma_b = \sigma_b(\varepsilon)$. Dabei bedeutet σ_b die Biegenennspannung nach der elementaren Biegetheorie für die äußere Faser der Probe (Rand); nach Überschreiten der Elastizitätsgrenze wird σ_b größer als die tatsächlich auftretende Randspannung σ. Von der Möglichkeit, durch Differentiation der Momentengleichgewichtsbedingung die Beziehung $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ zu gewinnen, wurde bisher nur bei der Auswertung von Biegeversuchen an Rechteckstäben Gebrauch gemacht[1],[2]. Allgemein erhält man bei einem zur Dehnungsnullinie und der dazu senkrechten Hochachse symmetrischen, geradlinig begrenzten Querschnitt durch mehrmalige Differentiation der Momentengleichgewichtsbedingung eine Differentialgleichung für σ mit dem Integral

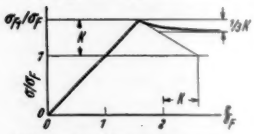


Fig. 1. Scheinbarer Spannungsabfall an der Fließgrenze trotz idealplastischen Verhaltens der einzelnen Faser bei inhomogener Verteilung der Fließgrenze über die Biegehöhe [nach den Gln. (2) und (4)].

$$\sigma = a_0 \sigma_b + \sum_{\lambda=1}^{n} a_\lambda \varepsilon^\lambda \frac{\partial^\lambda \sigma_b}{\partial \varepsilon^\lambda}. \tag{1}$$

Die Koeffizienten a_λ sind abhängig von der Probenform. So verschwinden z. B. bei Rechteckquerschnitt alle Beiwerte mit $\lambda > 1$, bei einem über die Diagonale gebogenen Quadratstab für $\lambda > 2$; beim Sechseckquerschnitt fallen die a_λ mit zunehmender Ordnung λ rasch ab.

Durch Anwendung auf den linearelastischen und den vollplastischen Sonderfall lassen sich a_0 und a_1 ausdrücken durch $\varkappa = \frac{1}{2} W S^{-1}$, wobei W das Widerstandsmoment des Querschnitts, S das statische Moment der Querschnittshälfte für die Nullinie darstellen. Damit geht Gl. (1) über in

$$\sigma = \varkappa \sigma_b + (1 - \varkappa) \varepsilon \frac{\partial \sigma_b}{\partial \varepsilon} + \sum_{\lambda=2}^{n} a_\lambda \varepsilon^\lambda \frac{\partial^\lambda \sigma_b}{\partial \varepsilon^\lambda}. \tag{2}$$

Gl. (2) gestattet über die graphisch oder numerisch gegebene Abhängigkeit $\sigma_b = \sigma_b(\varepsilon)$ die Ermittlung der Randspannung $\sigma = \sigma(\varepsilon)$. Mit steigender Ordnung λ wachsen allerdings die Auswertefehler, die aus der Streuung der Meßwerte resultieren. Auf Näherungsformeln, die aus (2) entwickelt werden können, soll hier nicht eingegangen werden.

Besonders interessant ist die Auswertung bei Biegeversuchen an Stahlproben, die an der Fließgrenze Spannungsabfall aufweisen; hier ergibt sich für die tatsächliche Spannung bei Biegung ein stetiger Verlauf zwischen der oberen und der unteren Fließgrenze[2]. Eine Erscheinung, die im folgenden für den einfachsten Fall kurz beschrieben werden soll, hat hierbei bisher noch keine Beachtung gefunden. Eine Voraussetzung bei der Herleitung der Beziehung (2) ist gleiches Verhalten der einzelnen Faser bezüglich Spannung und Dehnung. Bei Anwendung auf Proben mit inhomogener Verteilung der Fließgrenze über die Biegehöhe — entstanden etwa durch Wärmeeinwirkung oder eine andere Vorbehandlung — täuscht Gl. (2) Werkstoffeigenschaften vor, die nicht vorhanden sind. Bei einer derartigen Biegeprobe betrage die Fließgrenze in der Stabmitte σ_F, am Rande dagegen $\sigma_{F1} = (1 + k)\sigma_F$, so daß bei

idealplastischem Verhalten der einzelnen Faser die Randspannung, unabhängig von der Randdehnung,

$$\sigma = \sigma_{F1} \tag{3}$$

ist. Die Ermittlung nach (2) ergibt jedoch für Rechteckquerschnitt und lineare Fließgrenzenverteilung über die Biegehöhe, wenn man das aus der Momentengleichgewichtsbedingung berechnete σ_b einsetzt, einen von (3) wesentlich abweichenden Wert, die „scheinbare" Randspannung

$$\sigma = \left[1 + \frac{2}{3}k + \frac{k}{3(\varepsilon/\varepsilon_F - k)^3}\right]\sigma_F. \tag{4}$$

Der Abfall der scheinbaren Randspannung σ mit der Randdehnung ε nach Gl. (4) ist in Fig. 1 für einen bestimmten Parameter k dargestellt; er kann maximal $\frac{1}{3}k\,\sigma_F = \frac{1}{3}(\sigma_{F1} - \sigma_F)$ betragen.

Ein ausführlicher Bericht wird später folgen.

Institut für Werkstoffkunde der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule, Aachen. A. Troost.

Eingegangen am 16. April 1955.

[1]) Erstmalig von L. Prandtl in seinen Vorlesungen gebracht. — Herbert: Forschungsarb. VDI **89** (1910).

[2]) Eichinger, A., u. M. Roš: EMPA-Bericht, Nr. 172, 1949. — Erenz, A.: Diss. Aachen 1954.

Origin of Double Maxima in the K-Edge of some Potassium Compounds.

Since the discovery of X-ray absorption edges, very often the presence of two maxima at the K-edge of several compounds have been reported especially by the early workers. They assigned then the symbols K_1 and K_2. Due to the absence of a theory of band structures in solid state those days, the various structures could not be identified as they are now. Lindh[1]) reports several compounds where the K-edges show two and even three discontinuities. After the development of Kronig's theory and the curved crystal spectrograph, a considerable advance has been made in the study of the fine structures, and still there are some cases, where double maxima have been reported at the K-edge. The object of this note is to discuss the origin of such double maxima observed by Kiyono[2]) in some potassium compounds. Table 1 lists out the cases (known to the author), where double maxima are observed.

Table 1.

Substance	λ_{K_1} (X-units)	λ_{K_2} (X-units)	Δ eV	Observer
$K_2Cr_2O_7$.	3430	3425	5·2	S. Kiyono (Potassium K-absorption)
$KMnO_4$ . .	3431·2	3425·2	6·4	
KNO_3 . .	3427·8	3425·6	2·3	
Muscovite .	3425·8	3422·0	4·1	
Ni			15~16	Beeman and Bearden (in ionic solutions)
Cu			13·5~14·5	
Zn			14~16	

Since the double maxima observed by Beeman and Bearden were found to be absent from solid crystals and persisted only in solutions, their origin was attributed to be a property characteristic of the ions. The energy difference between the peaks was found to be equal to the difference of $4p$ and $5p$ levels.

However a similar reasoning does not seem hold good for the cases cited out by Kiyono. Firstly they are observed in crystals and disappear in solutions, quite contrary to those observed by Beeman and Bearden. Secondly, their peak difference (the distance in eV) for the same ion i.e. K^+, varies from compound to compound. The doubling is therefore not an ionic property. Thirdly, K_1 and K_2 both are accompanied by secondary structures, while in Beeman and Bearden's case the structures followed only the main edge. It appears therefore that in Kiyono's case there exist two systems of bands giving rise to two different structures. Fourthly the double maxima are found only in those salts of potassium, which have a complicated negative radical e.g. $^-NO_3$, $^-Cr_2O_7$, $^-MnO_4$, but the reverse of this is not true. All compounds of potassium having complicated radicals do not show double maxima, e.g. K_2CO_3, $K_3Fe(CN)_6$, $K_4Fe(CN)_6$, KIO_3, $KClO_3$, KHF_2. It can be questioned in a similar way as to why the double structures are absent in the K-absorption of several ionic solutions other than those studied by Beeman and Bearden. It is found possible in this note only to account for the existing double maxima of Kiyono, and not to reason out their absence from the other cases.

If the radicals $^-NO_3$, $^-Cr_2O_7$, and $^-MnO_4$ are regarded as potential boxes, having a seperate set of bound states for a trapped electron, the situation looks to be explicable. One set of structures, is then due to the transition of the ejected photo electron to the states in these boxes, while the other is due to the usual bands of the solid state. It is difficult to conceive of a formula giving the states in a non-rectangular potential box. When the substance is dissolved in water, these radicals will behave as free negative ions, and will repel the photo electron, which will no longer be trapped in the radicals, to stay in them. This accounts for the absence of the double maxima from the solutions.

The author thanks Dr. G. B. Deodhar for his interest in the discussions.

Physics Department, University of Allahabad, Allahabad, India. Amar Nath Nigam.

Eingegangen am 25. April 1955.

[1]) Lindh, A.: Handbuch der Experimentalphysik, Vol. 24, part 2, (Röntgenspektroskopie), p. 290. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1930.

[2]) Kiyono, S.: Sci. Rep. Tohoku University, Ser. 1 **36**, No. 1 (1952).

[3]) Beeman and Bearden: Physic. Rev. **61**, 455 (1942).

Die Träger der Flammenspektren der Erdalkalimetalle.

Calcium und Strontium gehören zu den Elementen, welche die Aufmerksamkeit in spektroskopischer Beziehung am frühesten erregt haben. Bereits im Jahre 1823 veröffentlichte Herschel[1]) kleine Zeichnungen der Spektren von Calcium- und Strontiumsalzen in einer Alkoholflamme, aus denen zu schließen ist, daß das Spektrum hauptsächlich aus Banden besteht. Das Calciumspektrum enthält zwei Bandengruppen bei etwa 5500 und 6200 Å, und das Strontiumspektrum weist gleichfalls zwei Gruppen bei etwa 6100 und 6900 Å auf. Während eines Jahrhunderts sind diese sehr starken und charakteristischen Banden, in einer Bunsenflamme erregt, als ein empfindliches Reagenz für diese Metalle benutzt worden. Die Träger dieser Spektren sind jedoch bis heute unbekannt gewesen, obgleich unzählige Untersuchungen dieser Banden vorgenommen worden sind[2]). Zunächst schrieb man die Banden den Oxyden zu, aber bald trat die Ansicht auf, daß die Träger Ca_2 und Sr_2 wären. Diese Frage ist jedoch bis in letzter Zeit ungeklärt geblieben, obwohl die Ansicht, daß die Spektren von CaO bzw. SrO emittiert werden, zu überwiegen scheint.

Durch spektrophotometrische Untersuchungen mit Azetylen- und Knallgasflammen haben wir festgestellt[3a]),[b]), daß es kaum möglich ist, Ca_2 und Sr_2 als Träger der Spektren anzunehmen. In der Annahme, daß die Banden zu CaO und SrO gehören, haben wir für diese Molekeln Termschemata aufgestellt[3a]). James und Sudgen[4]) fanden durch ähnliche Untersuchungen wie die unsrigen gleichfalls, daß die Träger nicht Metallmolekeln sein können. Auf einen Vergleich mit den Halogenidspektren und auf spektrophotometrische Messungen gestützt, vertreten sie die Ansicht, daß CaOH und SrOH die Träger seien. Um zu einer direkten Prüfung dieses indirekt gewonnenen Ergebnisses zu gelangen, haben wir die Strontiumbanden bei 6114 Å in folgender Weise untersucht.

Als Lichtquelle diente eine Acetylen-Luftflamme, in welche eine wäßrige Lösung von $Sr(NO_3)_2$ (frei von Kristallwasser) hineingespritzt wurde. Das Spektrum wurde durch ein Echelle-Gitter mit großer Auflösung und Dispersion photographiert. Die Dispersion betrug 0,80 Å/mm und war ausreichend, um die Rotationsstruktur aufzulösen. Auf jeder Platte wurden zwei Exponierungen gemacht, von welchen eine das Spektrum einer $Sr(NO_3)_2$-Lösung in schwerem Wasser zeigte. In diesem Fall war das Verhältnis zwischen Deuterium und leichtem Wasserstoff (von dem Acetylen herrührend) etwa 1:5.

Das Spektrum besteht aus einer Anzahl nach violett hin schattierter Banden. Die ersten Kanten liegen bei 6114,2, 6111,9, 6109,8, 6107,9, 6107,5 und 6105,2 Å. Bei den Exponierungen mit schwerem Wasser traten außerdem schwache Kanten bei 6117,8, 6115,4, 6113,7, 6113,3, 6111,3 und 6109,0 Å deutlich hervor. Der Träger dieses Spektrums enthält somit Wasserstoff und ist wahrscheinlich SrOH bzw. SrOD. Da das Calciumspektrum vollständig analog ist, dürften die entsprechenden Ca-Banden CaOH angehören. Das System, welches im Flammenspektrum von Barium im Bereich von 8000 bis

10000 Å auftritt[5]), mag den erörterten Ca- und Sr-Banden entsprechen und sollte folglich BaOH zugeschrieben werden.

Ein ausführlicher Bericht wird im Arkiv för Fysik erscheinen.

Physikalisches Institut der Universität, Stockholm.

ALBIN LAGERQVIST und LENNART HULDT.

Eingegangen am 25. April 1955.

[1]) HERSCHEL, F. W.: Trans. Roy. Soc. Edinburgh **9**, II, 445 (1823).
[2]) KAYSER, H.: Handbuch der Spectroscopie, Bd. V (1910); Bd. VI (1912). — PEARSE, R. W. B., u. A. G. GAYDON: Identification of Molecular Spectra. London 1950.
[3]) LAGERQVIST, A., u. L. HULDT: Ark. Fys. (a) **8**, 427 (1954); (b) **9**, 227 (1955).
[4]) JAMES, C. G., u. T. M. SUDGEN: Nature [London] **175**, 333 (1955).
[5]) KLEMAN, B., u. B. LILJEQVIST: Ark. Fys. **9**, 377 (1955).

Reversal in the Magnetic Susceptibility of an Electret-Forming Material.

The behaviour of an electret has been explained by SWANN[1]) as the consequence of a semi-permanent polarization that decays very slowly under the influence of an ohmic conductivity. Now, the electric field in the immediate neighbourhood

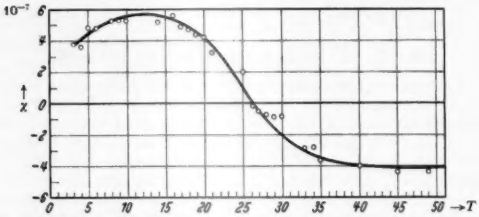


Fig. 1. Mass susceptibility χ (in 10^{-7} units) of a specimen of carnauba wax (ordinates) depending from time T (in days) (abscissa).

(2—3 Å) of an ion or dipole can attain a very high value ($\sim 10^8$ volts/cm), resulting in a probable dependence of molecular polarizability upon field strength[2]). For sufficiently large values of the field, however, as was shown by LANCZOS[3]) and OPPENHEIMER[4]), for an atom, "the chance of the molecule becoming ionized is so great that the whole concept of polarizability loses its significance". Recently, CHATTERJEE and BHADRA[5]) have obtained experimental evidence of such a process in the abnormal increase in the dielectric constant of an electret-forming carnauba wax.

Since the "weak spin paramagnetism" in metals has been attributed by PAULI[6]) to the conduction electrons, it appeared worthwhile to investigate the magnetic susceptibility of a small cylindrical electret of carnauba wax, in which free electrons have been generated. In most cases, the diamagnetic susceptibility of the material diminished with time since the formation of the electret and after passing through a minimum climbed back to its original value. Suitable precautions had to be taken, in every case, to eliminate the effect of the electrostatic charge developed in the specimen. In certain favourable cases, depending upon the conditioning field, the sign of the magnetic susceptibility of the specimen was completely reversed as shown in Fig. 1. Indeed, two days after its formation, this particular electret exhibited a weak paramagnetic susceptibility, which progressively increased with time — and after reaching a maximum, gradually declined. On or about the 26th day, the specimen showed zero susceptibility. After about a month and a half, the original value of its diamagnetic susceptibility was fully restored.

This seems to confirm the liberation of electrons from polarized molecules during the state of high field perturbation. The electrons may not be wholly free, but partially bound to the atoms by exchange forces quantum mechanical in nature. These semi-free electrons are subsequently recaptured when the polarization decays.

In the simplest case, with one free electron per molecule, quantum theory predicts a molecular susceptibility of $1{\cdot}88 \times 10^{-6}\ (M/d)^{\frac{2}{3}}$, where M is the molecular weight and d the density in gm/cm³. Taking the values of M and d for carnauba wax to be $\sim$800 and 0·995 respectively, it comes out that roughly five electrons have to be liberated from each molecule to account for the observed change in the magnetic susceptibility. In majority of the experiments, however, the number of electrons liberated per molecule happened to be one or two only.

We are indebted to Prof. S. N. BOSE for his kind interest in this work.

Department of Physics, Univ. College of Science and Technology, Calcutta 9. India.

S. D. CHATTERJEE and N. G. SUTRADHAR.

Eingegangen am 22. April 1955.

[1]) SWANN, W. F. G.: J. Franklin Inst. **255**, 513 (1953).
[2]) COULSON, C. A., A. MACCOLL and L. E. SUTTON: Trans. Faraday Soc. **48**, 106 (1952).
[3]) LANCZOS, C.: Z. Physik **68**, 204 (1931).
[4]) OPPENHEIMER, J. R.: Phys. Rev. **13**, 66 (1928).
[5]) CHATTERJEE, S. D., and T. C. BHADRA: Phys. Rev. (to be published).
[6]) PAULI, W.: Z. Phys. **41**, 81 (1928).

Ein Lackumhüllungsverfahren für elektronenoptische Untersuchungen an anorganischen Substanzen.

Die Skulptur und räumliche Anordnung kleinster undurchstrahlbarer Partikeln ($0{,}05\,\mu < \varnothing < 10\,\mu$) wird heute meist mit Hilfe der Abdrucktechnik bearbeitet. Teilweise wurde zu diesem Zweck das Untersuchungsgut auf eine flüssige Lackschicht gestreut und nach Eintrocknen von der harten

Fig. 1. Gang der Präparation.

Folie mechanisch oder chemisch abpräpariert[1]). Gegenüber diesen Verfahren, die jeweils nur einen beschränkten Bereich der interessierenden Oberfläche wiedergeben, erlaubt das KÖNIGsche Umhüllungsverfahren[2]) eine Darstellung der gesamten Oberfläche und räumlichen Anordnung. Die unten kurz beschriebene Methode basiert auf diesem Prinzip, gestattet aber die Herstellung von Kohlehüllen im Sinne von KÖNIG ohne Verwendung einer Glimmapparatur und kann daher denjenigen Laboratorien empfohlen werden, die über keine Spezialanlage verfügen.

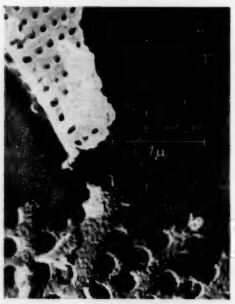


Fig. 2. Fossile Diatomeen, vorbeschattet, Lackhülle (negativ). Vergr. 15000mal.

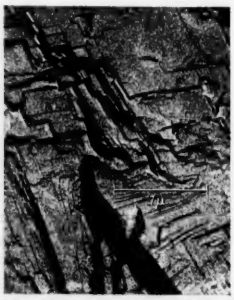


Fig. 3. Magnesitpartikeln (Ausschnitt), vorbeschattet, Lackhülle (negativ). Vergr. 15000mal, Präparat A. BACHMANN.

Fig. 1 stellt den Gang der Präparation — von links nach rechts fortschreitend — dar. Das Untersuchungsgut wird auf einen möglichst noch flüssigen Formvarfilm (F) aufgestreut; der Formvarlack benetzt die Objekte an der Auflagestelle und hält sie dadurch bei allen folgenden Manipulationen in ihrer ursprünglichen Lage fest (besonders wichtig bei Vorbeschattung!). Nach dem Abflottieren der Folie und Aufbringen auf Blenden oder Netze wird vorbeschattet (Aufdampfschichte A). Darauf wird das Präparat mit einem Zaponlacktropfen bedeckt, der sofort mit einem Filterpapier seitwärts abgesaugt wird; die verbleibende Lackschichte (L) umhüllt die einzelnen Partikeln vollkommen gleichmäßig und kann nach dem Trocknen in der üblichen Weise bei niederer Bestrahlungsintensität im EM graphitiert werden. Weiter dem KÖNIGschen Verfahren folgend, werden die Partikeln in einem geeigneten Lösungs-

mittel aus der Hülle entfernt. Die Aufdampfschicht haftet danach an der Lackhülle und verbessert die Skulpturkontraste und damit die Auflösung wesentlich.

Das Verfahren kann — sinngemäß angewandt — in verschiedenen Modifikationen durchgeführt werden. Die Konzentration des Abdrucklackes entspricht größenordnungsmäßig derjenigen, die für Flächenabdrucke Verwendung findet; ausgehend von ihr kann für jede Untersuchung ohne Mühe die dem Durchschnittswert der Korngröße des Präparates angepaßte optimale Konsistenz ermittelt werden. Nach Wahl können dabei kleinste Partikeln bei sehr verdünntem Lack mit äußerst zarten, größere bei höher gewählter Lackkonzentration mit sehr stabilen, dickeren Lackhüllen versehen werden. Die Bedampfungsschicht granuliert bei zu hoher Bestrahlungsintensität während des Graphitierens leicht, insbesondere an größeren Partikeln; Beschattungsmetalle, die eine geringe Neigung zum Granulieren aufweisen, sind daher anderen vorzuziehen.

Die Fig. 2 und 3 geben einen Beweis für die Brauchbarkeit des Verfahrens. Eine eingehendere Darstellung dieser Technik sowie ihrer Anwendung erfolgt demnächst an anderer Stelle.

Laboratorium für Elektronenmikroskopie, Physikalisches Institut der Universität, Innsbruck, Schöpfstraße 41.

Eingegangen am 24. März 1955. H. SITTE.

[1]) MAHL, H.: Ergebn. exakt. Naturw. **21**, 293 (1945). — SITTE, P.: Mikroskopie **8**, 290 (1953).

[2]) KÖNIG, H.: Ergebn. exakt. Naturw. **27**, 188 (1953); dort auch die ältere Literatur zusammengestellt.

Ein einfaches Ultramikrotom mit thermischem Vorschub[1]).

Elektronenoptische Untersuchungen an Schnittpräparaten lassen nur bei Schnittdicken ≤ 300 Å höchste Auflösungen zu. Unter anderem haben CLAUDE, PORTER-BLUM und SJÖSTRAND Ultramikrotome[2]) konstruiert, welche die Herstellung von *Serienschnitten* der geforderten Dicke erlauben; alle angeführten Konstruktionen enthalten Präzisionselemente. Demgegenüber wurden, erstmals von COCKS-SCHWARTZ, später — knapp nach Aufnahme der eigenen Entwicklungsarbeiten — von HODGE-HUXLEY-SPIRO Geräte[3]) publiziert, in denen wie beim unten beschriebenen Modell Präzisionsrotoren, -gelenke und -schneiden durch Federelemente ersetzt sind.

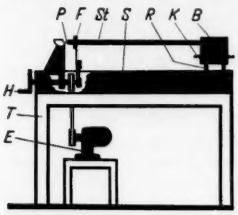


Fig. 1. Seitenansicht des Ultramikrotoms (schematisch).

Fig. 1 zeigt das Ultramikrotom schematisiert in Seitenansicht. Auf das Stativ (*S*), welches ohne Spezialmontage auf einem Tisch (*T*) steht, ist ein Kupferblock (*B*)[4]) über Indilatansröhren (*R*) vollkommen starr aufgelötet. Ebenso starr ist waagrecht in den Block (*B*) ein Messingstab (*St*) eingelötet, an dessen freiem Ende das Präparat (*P*) montiert ist; dieses Ende läßt sich senkrecht zur Stablängsachse elastisch ausbiegen und erlaubt demnach die zum Schneiden notwendigen Bewegungen. Im Block befindet sich ferner eine Heizwicklung und eine Bohrung mit Schlauchanschlüssen (*K*) zum Durchleiten von Kühlwasser. Insbesondere der Stab, unter Umständen auch der Block sind durch Asbest thermisch isoliert; eine Wärmeabgabe vom Block an das Stativ wird durch die Indilatansröhren praktisch unterbunden. Die hohe Wärmekapazität des Systemes (*B*/*St*) im Vergleich zu seiner Oberfläche ermöglicht bei langsamem Aufheizen einen außerordentlich großen, innerhalb weiter Grenzen linearen Vorschub. Die Vorschubgeschwindigkeit ist durch Änderung der Heizspannung zwischen 50 und 1500 Å sec^{-1} regelbar. Nach Erreichen der maximalen Expansion kann das Vorschubsystem durch die Wasserkühlung in weniger als 10 min wieder kontrahiert werden.

Am freien Stabende greift an der Stelle (*F*) eine Koppelkurvenführung an, deren Federelement sowohl das seitliche Ausschwenken wie die Expansion des Stabes ohne Hemmung zuläßt. Die Mechanik ist so dimensioniert, daß das Stabende bei Drehen der Antriebswelle einer Koppelkurve mit angenäherter Geradführung an der Schneidestelle folgt. Das Präparat wird somit praktisch geradlinig über die Messerschneide herunter und darauf ausladend, annähernd in einem Halbkreis, *ohne nochmaliges Berühren der Schneide* in die Ausgangsstellung zurückgeführt, wie dies zum Herstellen von Serienschnitten bekanntlich notwendig ist[2]). Der Antrieb kann von Hand aus (*H*) oder bequemer mit einem Elektromotor (*E*) erfolgen, der unterhalb des Mikrotomes auf einem kleinen Stativ montiert ist.

Die Leistungsfähigkeit des Gerätes entspricht trotz seiner einfachen Bauweise höchsten Anforderungen (vgl. Fig. 2 und 3). Die Dicke der Schnitte ist auch bei minimalen Vorschubgeschwindigkeiten sehr gleichmäßig — ein Aussortieren guter Schnitte nicht notwendig. Störende Stabschwingungen treten selbst bei Motorantrieb nicht auf. Am Messingstab konnten nach über halbjähriger intensivster Erprobung — teils rein technischer Natur, teils im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen[5]) — keinerlei Ermüdungserscheinungen festgestellt werden. Die Anordnung ist äußerst robust und durch die Verwendung handelsüblicher, fettgeschmierter Kugellager praktisch wartungsunabhängig.

Fig. 2. Querschnitt durch Muskelfibrille, Osmiumfixierung, Plexiglaseinbettung, Schnittdicke ~200 Å, Vergr. 75000mal.

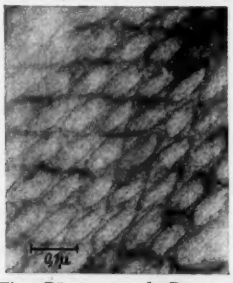


Fig. 3. Bürstensaum der Pars contorta eines Nephrons der Mäuseniere (Ausschnitt). Präparation und Vergrößerung wie Fig. 2.

Ein ausführlicher Bericht erscheint demnächst an anderer Stelle.

Laboratorium für Elektronenmikroskopie, Physikalisches Institut der Universität, Innsbruck, Schöpfstraße 41.

Eingegangen am 24. März 1955. H. SITTE.

[1]) Die Herstellung und den Vertrieb des Gerätes hat die Firma Optische Werke C. Reichert A.G. in Wien übernommen.

[2]) CLAUDE, A.: Harvey Lect. **43**, 121 (1947/48). — PORTER, K. R., u. J. BLUM: Anat. Rec. **117**, 685 (1953). — SJÖSTRAND, F.: Experientia **9**, 114 (1953).

[3]) COCKS, G. G., u. C. M. SCHWARTZ: Rev. Sci. Instruments **23** (1952). — HUXLEY, H. E.: Biochim. Biophys. Acta **12**, 387 (1953). Int. Conf. on Electr. micr., London, Ref. Nr. 10 (1954).

[4]) Technische Daten: *Kupferblock* etwa 10×10×10 cm^3; *Messingstab:* ⌀ ~10 mm, freie Länge etwa 450 mm; *Vorschub* bei Aufheizen von Raumtemperatur auf 95° C etwa 0,3 mm — daher in einer Schneideserie über 10000 Schnitte je 200 Å Dicke möglich; größter *Durchmesser der Präparatbahn* etwa 15 mm; *Messer* in Halterung mit Auffangbecken wie allgemein üblich.

[5]) Unter anderem wurden folgende Objekte mit bestem Erfolg geschnitten: *Medizin-Zoologie:* Nierenrinde, Leber, Pankreas, Lunge, Muskel und Kollagen von Vertebraten sowie Gewebe von Wirbellosen. — *Botanik:* Plastiden, Interphasekerne in Wurzelspitzen sowie Holz und Kork. — Die Ergebnisse dieser zum Teil noch laufenden Untersuchungen werden an anderer Stelle demnächst veröffentlicht.

Magnification of Resolution of Electrophoretic Sorting Patterns *).

In previous publications[1]), it has been shown how components of mixtures consisting of proteins as well as of other ionized substances in solution and charged particles in suspension can be separated from each other rapidly forming a series of discrete lamina. The separation may be based on differences in mobilities ("mobility spectra") or on differences in isoelectric points ("isoelectric spectra"). It is desirable to make the spacing between the lamina which correspond to small differences in mobilities or in isoelectric points as large as possible without prolonging the time required for separation.

The following simple device proved quite effective in increasing the separation between the lamina by a large factor. At the same time the width of the lamina is also increased. Both factors facilitate separate withdrawal of the components of the mixture by means of a pipette. The device is based on the following consideration: Let us imagine a flat cylinder formed by intersection of a wide vertical tube with two

parallel planes perpendicular to its axis. Let us suppose that the cylinder boundaries thus formed are actually two thin layers of solid material suspended in a liquid. If the vertical tube has a constricted section below the suspension layers, the distance between the latter is increased in the inverse ratio of the cross-sectional areas of the tube sections when the liquid is allowed to descend from the upper wide section into the lower narrow section. At the same time the thickness of each layer is increased by the same factor as the distance between the layers.

Instead of allowing the liquid to flow into a constricted tube section, it is more convenient to insert a plunger P (Fig. 1 B) into a leg of uniform rectangular cross-section of the electrophoresis cell after the lamina have been formed. The cross-section of the plunger is L-shaped. By inserting the plunger, the original cross-section of 6×12 mm is reduced to a rectangle of 3×6 mm. Fig. 1 shows the increase in resolution obtained with a sorting pattern produced from a mixture

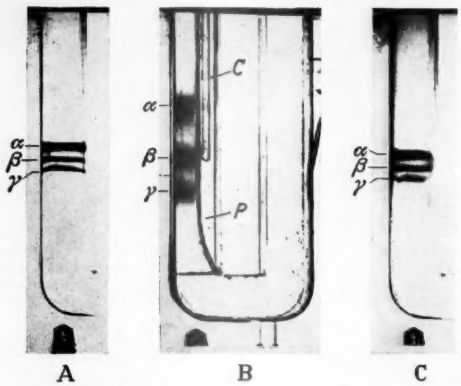


Fig. 1 A—C. A: Original electrophoretic spectrum obtained within 4 minutes in the left leg of the *U*-tube. α: cytochrome C; β: hemoglobin; γ: catalase. The acid buffer is below the protein layers whereas the basic buffer is above them. B: Four fold magnification of the layer separation as well as of the layer thickness by the plunger *P*. *C*: pipette channel. C: The appearance of the protein layers after removal of the plunger.

of cytochrome C, hemoglobin and catalase within 4 minutes using a current of 20 mA in a steep p_H gradient between buffers of p_H 2·6 and 9·6. Fig. 1 A is a photograph of the original electrophoretic spectrum. Fig. 1 B illustrates the effect of the plunger which narrows the tube cross-section by the factor 1/4 and, hence, magnifies the separation, as well as the width of the layers by the factor 4. The lamina resume their original positions after withdrawal of the plunger. They become, however, somewhat less sharp (Fig. 1 C). The lucite plunger can be used simultaneously as a convenient pipette. The separated fractions can be withdrawn through a lateral inlet communicating at the bottom with the channel C (Fig. 1 B) which is connected through a plastic tubing to a syringe.

The possibility of greatly magnifying the distances between the lamina within a few seconds by insertion of a plunger shortens considerably the time required for separation on the basis of mobility differences. It thus becomes unnecessary to wait for the lamina to separate more than a few tenths of a millimeter. The deformation of the fluid volume used here to accomplish an increase in the separation between the protein layers may also be utilized for conversion of a given p_H gradient established in a wide tube section into a less steep gradient in a narrower tube section. In general, a given concentration distribution may be modified in a predictable and reversible fashion.

The support of this work by the Office of Naval Research and by the Smith Kline and French Foundation is gratefully acknowledged.

University of Chicago, Division of the Biological Sciences.

ALEXANDER KOLIN.

Eingegangen am 2. Mai 1955.

*) This work has been supported by a grant from the Office of Naval Research.

[1]) KOLIN, A.: J. Chem. Physics **22**, 1628 (1954); **23**, 407 (1955).— Proc. Nat. Acad. Sci. USA. **41**, 101 (1955).

Der Sauerstoffgehalt von Titan-Jodid-Stäben.

Es wird angenommen, daß Titanstäbe, die nach dem VAN ARKELschen Verfahren hergestellt sind, fast frei von gasförmigen Verunreinigungen sind. Trotzdem zeigen diese Stäbe starke Streuungen in ihrer Härte und in den elektrischen Kennwerten[1]), und zwar auch dann, wenn die Stäbe aus demselben Ausgangsmaterial hergestellt sind. Die an unserem Material vorgenommenen Bestimmungen der Gitterkonstanten stimmen gut mit den in der Literatur angegebenen überein. Die Literaturangaben lassen darauf schließen, daß außer bei den von D. J. FAST[2]) angeführten Messungen handelsübliche Stäbe verwendet wurden. Wir haben an den von uns hergestellten Stäben die Härte sowie den Wert und den Temperaturkoeffizienten der elektrischen Leitfähigkeit gemessen und diese Werte mit den an demselben Material bestimmten Gitterparametern verglichen. Es zeigte sich, daß mit Kennwerten, die auf einen höheren Reinheitsgrad schließen lassen, eine eindeutige Abnahme des Parameters c/a verbunden ist. Die spektroskopische Analyse unseres Materials ergab in allen Stäben praktisch dieselben Verunreinigungen: Mg 0,002 bis 0,0025%, Fe 0,006 bis 0,008%, W 0,005%, Al 0,006 bis 0,007%, Si 0,008 bis 0,01%. Es ließ sich kein eindeutiger Zusammenhang zwischen diesen sich ganz geringfügig ändernden Verunreinigungen und den gewählten Kenngrößen finden. Daraus schlossen wir, daß die Ursache der Abweichungen in den gasförmigen Verunreinigungen zu suchen ist.

Wenn man in einem Zersetzungsgefäß mehrere, voneinander unabhängige Glühfadensysteme einbaut, die Abscheidung an einem Faden bis zu Ende führt (z. B. bis zur Grenze der Belastbarkeit der Durchführungen, wobei noch etwa 70% des Rohtitans vorhanden sind) und sie dann an einem zweiten Faden fortsetzt, so wird nach unseren Erfahrungen der zuerst abgeschiedene Faden vollständig aufgezehrt, obwohl Rohtitan noch in großem Überschuß vorhanden ist. Von dem zuerst abgeschiedenen Faden bleibt ein äußerst locker gebautes, schwarzes Pulverskelett übrig, dessen Durchmesser gleich dem des abgebauten ersten Fadens ist und das etwa 0,03% von dessen Gewicht hat. Das Aufwachsen des zweiten Fadens geht bedeutend schneller als das des ersten, wir haben Absatzgeschwindigkeiten bis zur 0,045 mg/cm²/sec beobachtet.

An einem solchen doppelt umgesetzten Faden konnte einer von uns[3]) die Gitterkonstante des α-Titans neu bestimmen. Die Messungen ergaben bei 25° C:

$$a = 2{,}9506\ \text{Å}, \quad c = 4{,}6788\ \text{Å}, \quad c/a = 1{,}585.$$

Die Werte der hexagonalen Basisfläche (a) zeigen bei den verschiedenen Autoren nur geringe Schwankungen, wogegen der Wert in der Richtung der Basisflächennormale (c) außerordentlich empfindlich auf Verunreinigungen ist, und es besteht eine fast lineare Zunahme bei interstitiell gelösten Gasen[4]). Der angeführte Wert c ist mit 0,0022 Å niedriger als der beste bisher angegebene[4]), was auf eine höhere Reinheit unseres Präparates schließen läßt. Ein an dem ersten Faden vorhandener Rückstand entspricht jenem Anteil, welcher an dem Transport nicht teilnimmt; die Verunreinigungen müssen also hier zu finden sein. Die spektroskopische Analyse ergab auffallenderweise fast keinen Unterschied zwischen diesem Rest und dem zweiten Faden: reines Titan mit Spuren von Verunreinigungen. Die Strukturbestimmung des Rückstandes ergab außer TiJ_4 metallisches Titan mit dem höchst möglichen Gehalt an gelöstem Sauerstoff, 33 At-%[4]), aber keinen Hinweis auf das Auftreten von Ti-Sauerstoff-Verbindungen.

Daraus läßt sich schließen, daß beim Jodidverfahren mit dem Abbau des mit Gasen verunreinigten Rohmetalls die in fester Lösung vorliegenden gasförmigen Verunreinigungen zurückbleiben und sich im Metall bis zur Grenze der festen Löslichkeit anreichern. Eine chemische Bindung kommt — wenigstens bei unseren Gefäßtemperaturen (120° C) — nicht zustande. Findet ein Abbau von Titanatomen aus dieser gesättigten festen Lösung statt, dann müssen Sauerstoffatome frei werden, welche im Entladungsgefäß von dem heißen Ti-Faden aufgenommen werden, wodurch sich die Abweichungen in den Gitterkonstanten und in anderen physikalischen Größen erklären lassen. Die nach dem VAN ARKEL-Verfahren hergestellten Ti-Stäbe sind also nicht unbedingt sauerstoffrei, sondern enthalten je nach Rohmaterial und Absatzbedingungen kleine, aber nicht vernachlässigbare Sauerstoffmengen,

welche durch mehrmaliges Umsetzen im selben, ungeöffneten Gefäß noch weiter trennbar sind.

Budapest, Technische Universität, Institut für Mechanische Technologie (Leiter: Prof. Dr. L. GILLEMOT).

STEFAN KONCZ, STEFAN SZÁNTÓ und HELENE WALDHAUSER.

Eingegangen am 29. April 1955.

[1]) JAFFEE, R. J., u. A. J. CAMPBELL: Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engnrs. **185**, 646 (1949). — HOLDEN, F. C., H. R. ODGEN u. R. J. JAFFEE: J. Met. Trans. **1953**, 238. — GREINER, E. S., u. W. C. ELLIS: Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engnrs. **180**, 657 (1949).

[2]) FAST, D. J.: Z. anorg. allg. Chem. **42**, 241 (1939).

[3]) SZÁNTÓ, J.: Acta techn. Hungarica (im Druck).

[4]) BUMPS, E. S., H. D. KESSLER u. M. HANSEN: Trans. Amer. Soc. Met. **45**, 1008 (1953).

Über den Bindungsmechanismus bei O—H···O Wasserstoffbrücken.

Vor einiger Zeit wurde von RUNDLE und PARASOL[1]) und unabhängig davon durch uns[2]) ein Zusammenhang zwischen dem O—O-Abstand und der Verschiebung der Absorption der OH-Valenzschwingung im Infrarot bei O—H···O-Wasserstoffbrücken gefunden. Diese Verschiebung im Infrarot wird nur durch den O—O-Abstand bestimmt; mit dessen Abnahme verschiebt sich die Absorption nach längeren Wellen.

Nimmt man — wie das heute üblich ist — an, daß die Verschiebung der OH-Valenzschwingung nur von einer Wechselwirkung der restlichen Ladung des Wasserstoffatoms der OH-Gruppe mit der Ladung auf dem assoziierten Sauerstoffatom herrührt, dann sind die oben genannten experimentellen Ergebnisse kaum zu erklären.

Wäre die Annahme richtig, müßte eine stetige Beziehung zwischen der Ladung auf dem assoziierten Sauerstoffatom und dem O—O-Abstand bestehen. Das ist aber nicht der Fall. So ist etwa beim $B(OH)_3$ und γ-FeOOH der O—O-Abstand gleich groß und bei beiden Verbindungen liegt eine Brückenstruktur der Art O—H···O—H vor. Die Ladung auf den Sauerstoffatomen ist aber beim γ-FeOOH größer als beim $B(OH)_3$, dagegen ist die Wellenlänge der OH-Valenzschwingung beim $B(OH)_3$ mehr nach längeren Wellen verschoben als beim γ-FeOOH [$B(OH)_3$ 3,23 μ; γ-FeOOH 3,20 μ][3]).

Unsere Beobachtungen werden nun durch Arbeiten von POPLE[4]) und COULSON[5]) gestützt. Nach diesen Autoren muß die OH-Gruppe auf Grund ihrer in hybridisierten Atomfunktionen sitzenden einsamen Elektronenpaare ein beträchtliches Dipolmoment besitzen. Wir nehmen deshalb an, daß hauptsächlich durch Wechselwirkung der restlichen Ladung des Wasserstoffatoms der OH-Gruppe mit dem Dipol der einsamen Elektronenpaare des assoziierten Sauerstoffatoms die Verschiebung der Wellenlänge der OH-Valenzschwingung zustande kommt. Damit wird auch verständlich, warum die Frequenz der OH-Valenzschwingung nur vom O···O-Abstand abhängig ist, denn das Dipolmoment am Sauerstoff wird sicher nur wenig von der Ladung auf der OH-Gruppe beeinflußt werden.

Die Wechselwirkung der restlichen Ladung des Wasserstoffs mit der Ladung auf dem assoziierten Sauerstoffatom kann nur von untergeordneter Bedeutung sein. Sie ist früher überschätzt worden, weil für die restliche Ladung des Wasserstoffatoms der zu große Wert von 1,57 bis $2{,}0 \cdot 10^{-10}$ e.st.E. benutzt wurde, während neuerdings der wesentlich kleinere Wert von $0{,}35 \cdot 10^{-10}$ e.st.E. verwendet werden muß[5]),[6]). Rechnet man mit diesem Wert, dann stellt man fest, daß die COULOMB-Wechselwirkung dieser Ladung mit der Ladung auf dem assoziierten Sauerstoffatom auch nicht annähernd eine Frequenzverschiebung der von uns und anderen beobachteten Größe hervorbringen kann.

Zusammenfassend läßt sich also aussagen, daß für die Bildung der Wasserstoffbrücke und der festgestellten spektroskopischen Erscheinungen überwiegend die Wechselwirkung der restlichen Ladung des Wasserstoffatoms mit dem Dipol der einsamen Elektronenpaare des assoziierten Sauerstoffatoms verantwortlich ist. Von geringerem Einfluß ist die Wechselwirkung der Restladung des Wasserstoffatoms mit der Ladung des assoziierten Sauerstoffatoms sowie die quantenmechanische Resonanzanziehung zwischen dem Proton und einem einsamen Elektronenpaar des assoziierten Sauerstoffatoms.

Die ungewöhnliche Lage der Valenzbanden bei ε-$Zn(OH)_2$ und β-$Be(OH)_2$ glauben wir durch das Bestehen von nichtlinearen Wasserstoffbrücken erklären zu können. Durch die starken kovalenten Anteile der Zn—O- und Be—O-Bindung ist die OH-Gruppe nicht frei verdrehbar, und es besteht ein fester Zn—O—H- bzw. Be—O—H-Winkel, der wegen der Lage der benachbarten Sauerstoffatome keine lineare Wasserstoffbrücke mehr zuläßt. In der geknickten Brücke O⟋H⟍O entspricht die gemessene Hauptabsorptionsbande mechanisch einer kombinierten Valenz-Knickschwingung, und die der Hauptvalenzschwingung zugehörige effektive Kraftkonstante setzt sich aus der Kraftkonstanten der ungestörten Valenzschwingung und der der ungestörten Knickschwingung zusammen. Ihr Betrag ist wegen der geringen Größe der Knickschwingungskonstanten kleiner als der Betrag der Kraftkonstanten für die ungestörte Hauptvalenzschwingung. Die in der nichtlinearen Brücke der Hauptvalenzschwingung entsprechende Bande ist daher stärker nach längeren Wellen verschoben, als man auf Grund des O···O-Abstandes annehmen sollte.

Anorganisch-Chemisches Institut der Universität, Göttingen.

LUDWIG HOFACKER und OSKAR GLEMSER.

Eingegangen am 2. Mai 1955.

[1]) RUNDLE, R. E., u. M. PARASOL: J. Chem. Physics **20**, 1487 (1952).

[2]) HARTERT, E., u. O. GLEMSER: Naturwiss. **40**, 199 (1953).

[3]) Der Wert 3,23 für $B(OH)_3$ ist auch in Fig. 1 bei E. HARTERT und O. GLEMSER (loc. cit.) verwendet worden. Der in der gleichen Veröffentlichung in Tabelle 1 angegebene Wert für $B(OH)_3$ beruht auf einem Irrtum.

[4]) POPLE, J. A.: Proc. Roy. Soc. [London] **202**, 323 (1950). — LENARD-JONES, J., u. J. A. POPLE: Proc. Roy. Soc. [London] **205**, 155 (1951).

[5]) COULSON, C. A.: Proc. Roy. Soc. [London] **207**, 63 (1951).

[6]) COGGESHALL, N. D.: J. Chem. Physics **18**, 978 (1950). — BRIEGLEB, G.: Z. Elektrochem. **50**, 35 (1944). — MALADIÉRE, P.: C. R. Acad. Sci. Paris **226**, 1600 (1948). — MALADIÉRE, P., u. M. MAGAT: C. R. Acad. Sci. Paris **225**, 678 (1947). — LÜTTKE, W., u. R. MECKE: Z. Elektrochem. **53**, 241 (1949).

Zur orientierten Abscheidung organischer Stoffe auf organischen Trägerkristallen.

Als Voraussetzung für die orientierte Abscheidung eines Stoffes auf einer Trägerfläche wird unter anderem eine gewisse Gitteranalogie[1]) gefordert; andererseits werden darüber hinaus chemische Beziehungen von der Art angenommen, wie sie zwischen den Komponenten der Molekelverbindungen bestehen[2]).

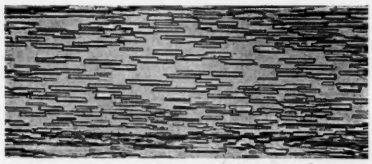


Fig. 1. Orientierte Kristalle von Benzanilid auf Hydrochinon. Die Komponenten bilden ein Eutektikum.

Um ein größeres Material zur Beurteilung der Beziehung der orientierten Abscheidungen organischer Stoffe zur Chemie der Molekelverbindungen zu erhalten, wurden mit 70 chemisch verschiedenartigen Stoffen Aufwachsungsversuche angestellt. Wir bedienten uns dabei der von uns früher beschriebenen Methode der Sublimation auf Abreißfilme[3]), die bevorzugt niedrig indizierte Flächen aufweisen. Eine Erwärmung der Trägerkristalle ist bei dieser Versuchsanordnung von vornherein gegeben.

1. Versuchsreihe: Bromural als gemeinsamer *Gast* schied sich auf allen Stoffen der Tabelle 1 orientiert ab. *2. Versuchsreihe:* Auf *2,3-Benzofluoren, p-Dinitrobenzol* und *Hydrochinon* als *Träger* schieden sich 61 Stoffe orientiert ab, während die übrigen 8 Stoffe gegen einen oder zwei Träger ohne Orientierung blieben. Allerdings konnte auch bei diesen 12 Fällen mit einer Ausnahme orientierte Abscheidung erreicht werden, indem die Rollen zwischen Gast und Träger vertauscht wurden. Nur Pervitin und Hydrochinon ließen sich nicht orientiert aufeinander abscheiden. Die beiden Stoffe bilden eine Molekelverbindung, die außerordentlich schlecht kristallisiert, so daß die Aufdampfung nur zu Tröpfchenbildung führte.

Die thermoanalytische Prüfung der 207 Stoffpaare der zweiten Versuchsreihe nach der Kontaktmethode von A. KOFLER[4]) ergab, daß nur in 13,7% der Fälle Molekelverbindungen

gebildet werden. Bei den übrigen Stoffpaaren liegen Eutektika vor. Von den Stoffkombinationen, die erst nach Umkehrung der Funktion des Gasts und Trägers mit einer Ausnahme erfolgreich waren (in der Tabelle mit * bezeichnet), bilden dagegen 50% Molekelverbindungen.

Tabelle 1. Untersucht wurden: Acenaphthen, Acetanilid, Acet-p-toluidid, Acridin, Adipinsäure, p-Äthoxyphenylharnstoff, p-Aminoazobenzol, o-Aminobenzoesäure*), o-Aminophenol, Anissäure, Benamid, Benzanilid, Benzanthron, Benzoesäure, 2,3-Benzofluoren, Bernsteinsäure, p-Bromazetanilid, d,l-Brombernsteinsäure, m-Brombenzoesäure, 3-Brom-d-campher, α-Bromisovalerylharnstoff, p-Bromjodbenzol, p-Bromnitrobenzol, d-Camphersäure, Carbanilid, Carbazol, Chloranil, Coffein, Dicyandiamid*), p-Dijodbenzol, 2,6-Dimethylpyron*), p-Dinitrobenzol, N,N-Dimethyloxamid, 1,8-Dinitronaphthalin, 2,4-Dinitrophenol, 1,8-Dioxyanthrachinon, Formaldomedon, Harnstoff*), Hexaäthylbenzol, Hexachlorbenzol, Hexachlorinden-(1)-on(3), Hydrochinon, Korksäure, Luminal*), Methylharnstoff, Nikotinsäureamid, p-Nitroanilin, p-Nitrobenzoesäure, 4-Nitrostilben, Oxalsäure, 8-Oxychinolin, Pervitin*), Phenacetin, Phenazon, Phenazon-N-oxyd, 9-Phenylacridin, o-Phenylendiamin, Phenylharnstoff, Phthalanil, Pikrinsäure*), Pyren, Salicylamid, Salicylsäure, Stilben, Sulfoharnstoff, Sulfonal*), Trichloracetamid, 1,3,5-Trinitrotrimethylentriamin (Hexogen), Veronal, (trans)-Zimtsäure.

Aus den Untersuchungen geht hervor, daß orientierte Abscheidungen bei organischen Stoffen eine sehr allgemeine und unspezifische Erscheinung sind und daß sie offenbar nicht an die Bedingung einer chemischen Beziehung der früher erwähnten Art geknüpft sind. Darüber hinaus ergibt sich, daß die metrischen Voraussetzungen eine sehr große Toleranzbreite aufweisen müssen, denn es ist kaum anzunehmen, daß bei so verschiedenartigen Stoffen, wie sie diesen Untersuchungen zugrunde liegen, eine besondere Strukturanalogie erwartet werden kann.

Pharmakognostisches Institut der Universität, Innsbruck.
M. Brandstätter und A. Martinek.

Eingegangen am 1. April 1955.

[1]) Neuhaus, A.: Z. Elektrochem. **56**, 453 (1952).
[2]) Willems, J.: Z. Elektrochem. **56**, 345 (1952).
[3]) Brandstätter, M.: Mikrochem. **33**, 184 (1947).
[4]) Kofler, L. u. A.: Thermo-Mikromethoden. Innsbruck: Universitätsverlag Wagner 1954.

Chromatographische Zerlegung von „Crotoxin" in zwei verschiedene Wirkstoffe.

Ein aus dem Gift der brasilianischen Klapperschlange (Crotalus terrificus terrificus) von K. Slotta und H. Fraenkel-Conrat[1]) isolierter, gut kristallisierender Eiweißkörper

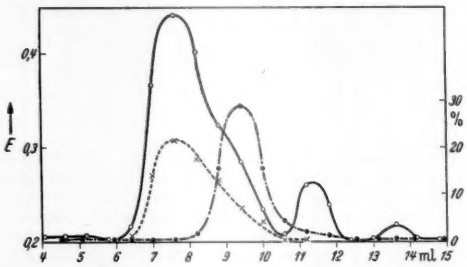


Fig. 1. Chromatographie von 4 mg Crotoxin an einer Amberlite-IRC 50 Säule mit 0,2 m Phosphatpuffer p_H 6,87. Volumen der Einzelfraktionen 0,6 ml. Abszisse: Durchlauf in ml. Ordinate: links E (Ninhydrinfärbung O——O durch 0,20 ml), rechts Prozent der eingesetzten Wirkungseinheiten (Allgemein-Toxizität ×------× und Phospholipase A ●—·—●).

„Crotoxin" zeigt neben einer starken allgemein-toxischen Wirkung zugleich die einer Phospholipase A. Bisher war trotz vielfacher Versuche[2]) eine weitere Auftrennung auch mit Ultrazentrifuge und Elektrophorese nicht gelungen, auf andere Weise erhaltene Fraktionen waren unwirksam[3]). Ghosh und De[4]) lieferten jedoch einen Hinweis, daß Crotoxin nicht einheitlich ist: bei Sättigung einer wäßrigen Lösung von Crotalus-Gift mit Natriumchlorid wich im entstandenen Niederschlag das Verhältnis von toxischer und Phospholipase-A-Wirkung von dem der Ausgangslösung ab; eine Trennung der beiden Faktoren gelang aber nicht.

Gibt man eine Lösung von rohem Crotoxin [hergestellt nach[1])] in Phosphatpuffer vom p_H 6,87 auf eine Säule von sehr feinkörnigem Amberlite IRC 50 (Polyacrylsäure-Harz), so treten bei Elution mit demselben Puffer die toxische Wirkung und die Phospholipase A nicht gleichzeitig auf, wie man erwarten müßte, wenn Crotoxin ein einheitliches Protein wäre; das Ferment bleibt hinter dem eigentlichen Toxin zurück. Dahinter erscheint, wie die Ninhydrinfärbung zeigt, noch ein kleiner, unwirksamer Anteil, was auch mitunter bei der Elektrophorese von amorphem Crotoxin zu beobachten ist[5]). Fig. 1 stellt den wichtigsten Teil des Durchlaufs dar. Die beiden Wirkungsfaktoren sind nur in einem sehr kleinen p_H-Bereich eng nebeneinander zu erkennen. Oberhalb rücken die beiden Maxima erwartungsgemäß mehr und mehr zusammen und erscheinen auch früher im Durchlauf. Umgekehrt bleibt die Phospholipase schon bei geringfügig niedrigerem p_H weit hinter dem eigentlichen Toxin zurück; sie tritt z. B. bei p_H 6,80 auch nach Durchlauf der dreifachen Puffermenge noch nicht im Eluat auf, kommt aber anschließend mit einem Puffer höherer Salzkonzentration oder stärkerer Alkalität zum Vorschein. Auf diese Weise trennt man leicht die beiden wichtigen Bestandteile von „Crotoxin".

Die Zerlegbarkeit von Crotoxin wird nicht etwa durch die Art seiner Herstellung bedingt, da schon unser Ausgangsmaterial, ein schonend getrocknetes Rohgift von Crotalus terr. terr., sich unter denselben Bedingungen gleichartig verhält, ebenso eine Giftprobe anderer Herkunft: einer hochtoxischen Fraktion folgt die langsamere, für sich allein ungiftige Phospholipase A; außerdem ergeben sich weitere Aktivstoffe (Koagulase, Hyaluronidase, Phospho-Mono- und -Diesterase) neben unwirksamen Anteilen des Gesamtgiftes. Hierüber und über die Isolierung des Toxins wird ausführlich an anderer Stelle berichtet werden[6]).

Die kolorimetrische Analyse erfolgte nach der Ninhydrin-Methode von Moore und Stein[7]), die Bestimmung der Allgemein-Toxizität durch intraperitoneale Injektion an weißen Mäusen (für jeden eingezeichneten Punkt meistens 6 Tiere). Die Aktivität der Phospholipase A wurde durch Hemmung der Hitzekoagulation von Eigelb[8]) ermittelt; ihre Verteilungskurve stimmte mit der der hämolytischen Fähigkeit des vorbebrüteten Eigelbs überein.

Herrn Professor Dr. K. Slotta (Sao Paulo) sei für eine Probe Rohgift gedankt, Herrn Dr. E. Habermann für pharmakologische Auswertungen und Ratschläge, der Deutschen Forschungsgemeinschaft für Sachbeihilfen an Herrn Professor Dr. Dr. W. Neumann.

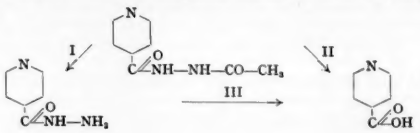
Pharmakologisches Institut der Universität, Würzburg.
Wilhelm Paul Neumann.

Eingegangen am 25. April 1955.

[1]) Slotta, K., u. H. Fraenkel-Conrat: Ber. dtsch. Chem. Ges. **71**, 1067 (1938).
[2]) Lit. bis 1952 bei K. Slotta, Experientia **9**, 81 (1953).
[3]) Fraenkel-Conrat, H.: Unveröff., zit bei [2]).
[4]) Ghosh, B. N., u. S. S. De: Nature [London] **143**, 380 (1939).
[5]) Höxter, G.: Unveröff., zit. bei [2]).
[6]) Neumann, W. P., u. E. Habermann: Biochem. Z. (im Druck).
[7]) Moore, St., u. W. H. Stein: J. Biol. Chemistry **176**, 367 (1948); **211**, 907 (1954).
[8]) Habermann, E., u. W. Neumann: Z. physiol. Chem. **297**, 179 (1954).

Acetyl-INH-Hydrolyse durch Serum.

Aus Untersuchungen über den Stoffwechsel des Tuberkulostatikums Isonikotinsäurehydrazid (INH) ist bekannt, daß das INH im Organismus unter anderem zum tuberkulostatisch unwirksamen Acetyl-INH acetyliert wird[1]),[2]),[3]). Wir legten uns die Frage vor, ob damit ein stabiles Endprodukt des INH-Stoffwechsels erreicht worden ist oder ob das Acetyl-INH erneut einer Umwandlung im Organismus unterworfen werden kann. Wenn wir nach den Versuchen von Johnson[2]) (mit Schweineleber) annehmen, daß das INH nach peroraler Gabe in der Leber acetyliert wird, könnte eine im Serum erfolgende Hydrolyse der Acetyl-Bindung das INH reaktivieren (I). Es könnte aber auch die Isonicotinsäure (INS) abgespalten werden (II). Schließlich wäre auch nach der Hydrolyse nach (I) eine darauffolgende Reaktion nach III möglich.



Zur Klärung dieser Fragen hielten wir uns an die Methode von UNVERRICHT, SCHATTMANN und BIEDERMANN[4]), deren Ergebnisse über die Hydrolyse von INH (III) wir bestätigen konnten. Jedoch wird nach unseren Versuchen von INH in Serum schon nach dreistündiger Bebrütung bei 37° C deutlich INS abgespalten (Ansatz: 10 mg INH, 0,2 ml Menschenserum, 0,8 ml bidest. H_2O, 1 Tropfen Toluol). Die Überprüfung der Acetyl-INH-Hydrolyse wurde ebenfalls durch Papierchromatographie vorgenommen. Der Ansatz enthielt 15 mg Acetyl-INH, 0,2 ml Serum, 0,8 ml bidest. H_2O und 1 Tropfen Toluol. Kontrollansätze mit 15 mg Acetyl-INH, 1,0 ml bidest. H_2O und 1 Tropfen Toluol sowie 0,2 ml Serum, 0,8 bidest. H_2O und 1 Tropfen Toluol liefen mit. Die Bebrütung erfolgte bei 37° C. Nach den verschiedenen Zeiten (0 bis 24 Std) wurden Proben des Hauptansatzes von je 10 mm^3 auf Schleicher & Schüll-Papier 2043b aufgetragen und in wassergesättigtem n-Butanol aufsteigend chromatographiert. Die Anfärbung erfolgte mit Benzidinlösung und BrCN-Dampf[3]). Die Kontrollen wurden nach Abschluß der Bebrütung der gleichen Behandlung unterworfen.

Wie man dem Chromatogramm entnehmen konnte, tritt schon nach einer Stunde eine Abspaltung von INS (II) auf, während ein INH-Fleck (III) nicht nachweisbar ist. (INH: R_f 0,51 blaugrau; Acetyl-INH: R_f 0,63 rosa, INS: R_f 0,15 rotviolett). Die Identität von INS wurde in einem Vergleichschromatogramm mit reiner Iso-Nicotinsäure überprüft. Die Kontrollen zeigten nur den Acetyl-INH-Fleck bzw. überhaupt keine anfärbbaren Substanzen. Eine deutliche Aktivierung der Hydrolyse durch Zugabe von Phosphatpuffer p_H 7,8; 0,1 m (0,7 ml auf 1 ml Gesamtansatz) oder durch eine Salzlösung [0,1 ml auf 1 ml Gesamtansatz, Lösung: 0,1 m $MgSO_4$, 0,01 m $MnSO_4$, 0,01 m $Co(NO_3)_2$[5])] konnten wir im Gegensatz zur starken Aktivierung der INH-Hydrolyse[6]) nicht beobachten.

So ergibt sich aus den Versuchen, daß das Acetyl-INH im Serum hydrolysiert wird und daß intermediär keine papierchromatographisch nachweisbare Menge INH gebildet wird.

Fräulein F. STRAUCH danke ich für ihre interessierte Mitarbeit.

Biochemische Abteilung des Tuberkuloseforschungsinstitutes, Berlin-Buch (Direktor: Dr. med. P. STEINBRÜCK).

Eingegangen am 27. April 1955. MARTIN WENZEL.

[1]) MAKINO, K., T. KINOSCHITA u. T. ITOH: Nature [London] **173**, 36 (1954).
[2]) JOHNSON, W. J.: Nature [London] **174**, 744 (1954).
[3]) DEFRANCESCHI, A., u. V. ZAMBONI: Biochim. et Biophysica Acta **13**, 304 (1954).
[4]) UNVERRICHT, W., K. SCHATTMANN u. W. BIEDERMANN: Ärztl. Wschr. **1954**, 175.
[5]) MASCHMANN, E.: Biochem. Z. **308**, 359 (1941).
[6]) PANSY, F. E., W. L. KOERBER, H. STANDER u. R. DONOVICK: Amer. Rev. Tubercul. **68**, 284 (1953). — BÖNICKE, R.: Naturwiss. **41**, 377 (1954).

Zur Reihenfolge der Aminosäuren in der Peptidkette des Tabakmosaikvirus.

Nach vorhergehenden Versuchen[1]),[2]),[3]) ist es sehr wahrscheinlich, daß das Protein des Tabakmosaikvirus (TMV) (Molgewicht $40 \cdot 10^6$) aus etwa 2500 Peptidketten besteht. Die Übereinstimmung in der Art der Endgruppen sowie das Verhalten des TMV-Proteins gegen Trypsin[4]) lassen es möglich erscheinen, daß die Peptidketten auch in der Reihenfolge sämtlicher Aminosäuren übereinstimmen. Durch die im folgenden beschriebenen Versuche wird bewiesen, daß alle Peptidketten hinsichtlich der Art und Lage der Aminosäuren an 6 Stellen identisch sind. Die Konstitutionsaufklärung kann entweder vom Carboxyl- oder vom Amino-Ende der Ketten her erfolgen.

Durch Einwirkung von Carboxypeptidase auf das native TMV wurden etwa 2500 Mol Threonin je Mol TMV freigelegt[1]),[2]). Durch totale Spaltung mit Hydrazin nach AKABORI[5]) konnte gezeigt werden, daß die Threoninreste wirklich Endgruppen des TMV darstellen[6]) und somit die Zahl der Threoninreste der Zahl der Peptidketten entspricht. Durch kurzzeitige Einwirkung von Hydrazin (3 bis 4 Std, 100° C) gelingt es auch, endständige Threoninpeptide neben dem endständigen Threonin zu erfassen. Diese Peptide wurden als Dinitrophenyl (DNP)-Derivate[7]) durch zweidimensionale Chromatographie nach LEWY[8]) getrennt. Wir erhielten neben DNP-Threonin nur ein einziges DNP-Dipeptid und ein einziges DNP-Tripeptid, die beide mit Threonin enden. Die Struktur des Dipeptids ergab sich nach totaler Hydrolyse und qualitativer und quantitativer Papierchromatographie als DNP-Alanyl-Threonin, die des Tripeptids als DNP-Prolyl-Alanyl-Threonin. Durch Spaltung des Tripeptids mit Hydrazin konnte Threonin als C-terminal nachgewiesen werden. Wird beim TMV das C-endständige Threonin mit Carboxypeptidase abgespalten und anschließend mit Hydrazin total gespalten, so tritt nunmehr als C-Endgruppe allein Alanin auf, und zwar in einer Menge von 2500 Mol je Mol TMV. Durch kurzzeitige Einwirkung von Hydrazin auf das von Threonin befreite TMV wurde neben Alanin Prolyl-Alanin als einziges Dipeptid in Form des DNP-Derivats isoliert. Hieraus folgt, daß die *2500 Peptidketten des TMV in der C-terminalen Reihenfolge übereinstimmen. Diese ist Prolyl-Alanyl-Threonin.*

Die Aminoendgruppe ist im nativen TMV nicht faßbar. Nach Behandlung mit 5%iger Trichloressigsäure[9]) läßt sich jedoch Prolin als einzige N-terminale Aminosäure nachweisen. Wird in dem mit Trichloressigsäure vorbehandelten Protein die Aminoendgruppe nach SANGER[7]) durch den DNP-Rest substituiert, so erhält man hieraus durch kurzzeitige Hydrolyse (12n HCl, 48 Std, 37° C) neben wenig Dinitrophenol, dem spezifischen Zersetzungsprodukt des DNP-Prolins, nur DNP-Prolin, ein DNP-Prolyldipeptid und ein DNP-Prolyltripeptid. Die totale Hydrolyse und quantitative Analyse des Dipeptids ergibt die Struktur DNP-Prolyl-Isoleucin, die des Tripeptids DNP-Prolyl-Isoleucyl-Glutaminsäure. Höhere Peptide konnten nicht isoliert werden, was die Vermutung nahelegt, daß Serin oder Threonin das nächste Glied darstellen. Da die Summe Dinitrophenol + DNP-Prolin + DNP-Dipeptid + DNP-Tripeptid 2500 Mol/Mol TMV beträgt, müssen *sämtliche Peptidketten dieselbe Reihenfolge Prolyl-Isoleucyl-Glutaminsäure besitzen.*

Es bleibt noch zu klären, warum die Amino-Endgruppe im nativen Virus maskiert ist. Hierüber laufen zur Zeit noch bestimmte Untersuchungen. Die geschilderten Ergebnisse bekräftigen erneut die bereits vor 2 Jahren ausgesprochene Vermutung, daß die 2500 Peptidketten des TMV identisch oder zumindest sehr ähnlich sind.

Nach Abschluß der Versuche wurde uns eine Notiz von NIU und FRAENKEL-CONRAT[10]) bekannt, in der er die Ergebnisse der von uns durchgeführten Hydrazinspaltung am TMV bestätigt. Es ist erfreulich, daß er dadurch der von uns zuerst geäußerten Auffassung über die Zahl und Art der Peptidketten im TMV in gewissem Sinne näher gekommen ist.

Herrn Professor Dr. G. SCHRAMM danke ich auf das herzlichste für die großzügige Förderung dieser Arbeiten.

Max-Planck-Institut für Virusforschung, Biochemische Abteilung, Tübingen.
GERHARD BRAUNITZER.

Eingegangen am 12. Mai 1955.

[1]) HARRIS, J. I., u. G. A. KNIGHT: Nature [London] **170**, 613 (1952).
[2]) SCHRAMM, G., G. BRAUNITZER u. J. W. SCHNEIDER: Z. Naturforsch. **9b**, 298 (1954).
[3]) SCHRAMM, G., u. G. BRAUNITZER: Z. Naturforsch. **8b**, 61 (1953).
[4]) SCHRAMM, G., u. F. A. ANDERER: Naturwiss. **42**, 74 (1955).
[5]) AKABORI, S., K. OHNO u. K. NARITA: Bull. Chem. Soc. Japan **25**, 214 (1952). — OHNO, K.: J. Biochemistry (Tokyo) **40**, 621 (1953).
[6]) BRAUNITZER, G.: Z. Naturforsch. **9b**, 675 (1954).
[7]) SANGER, F.: Biochemic. J. **39**, 507 (1945).
[8]) LEWY, A. L.: Nature [London] **174**, 126 (1954).
[9]) SCHRAMM, G., u. G. DANNENBERG: Ber. dtsch. chem. Ges. **77**, 53 (1944).
[10]) NIU, C. I., u. H. FRAENKEL-CONRAT: Biochim. et Biophys. Acta **16**, 597 (1955).

Nachweis von Oxyphenylserindecarboxylase in Nebennierenmark und im Sympathicus verschiedener Tiere.

Nierenhomogenate oder -Extrakte verschiedener Tierarten, besonders von Meerschweinchen, decarboxylieren die Erythroform des m-Oxyphenylserins sowie die Threo- und Erythroform der 3,4-Dioxyphenylserine[1]). Die Decarboxylierungsgeschwindigkeit ist bei m-erythro-Oxyphenylserin als Substrat beim p_H-Optimum der Serindecarboxylierung (p_H 7,4) etwa $^1/_4$ bis $^1/_6$ der von Dopa. Noch langsamer werden die Dioxyphenylserine decarboxyliert.

Wir fanden nun in Homogenaten und Extrakten aus Nebennierenmark eine hohe Aktivität gegenüber Dopa, Erythro-m-Oxyphenylserin und den 3,4-Dioxyphenylserinen, wobei die Decarboxylierungsgeschwindigkeit der Serine der von Dopa nahekommt. Pyridoxalphosphat steigert die Aktivität von Dopa und der Serindecarboxylase auf ein Vielfaches: In Rindernebennierenmark bewirkte Pyridoxalphosphat eine

Aktivitätssteigerung der Dopadecarboxylase auf fast das Fünffache und der Serindecarboxylase auf etwa das Dreifache; Homogenate aus Schweinenebennierenmark decarboxylierten in Gegenwart von Pyridoxalphosphat Dopa stark, Erythro-3,4-Dioxy- und Erythro-m-Oxyphenylserin dagegen fast gar nicht. Das Aktivitätsverhältnis von Dopadecarboxylase zu Oxyphenylserindecarboxylase ist also 1. in den verschiedenen Organen — Niere und Nebenniere —, 2. im gleichen Organ verschiedener Tiere — Nebennieren von Rind und Schwein — und 3. bei Aktivierung von Pyridoxalphosphat sehr verschieden. Danach erfolgt die Decarboxylierung der Serine nicht oder doch nicht in der Hauptsache durch die Dopadecarboxylase, sondern durch spezifisch auf Oxyphenylserine eingestellte Decarboxylasen.

Eine Decarboxylierung der Dioxyphenylserine, nicht aber von Dopa, wurde bei Extrakten aus verschiedenen Nerven festgestellt. Oxyphenylserin-Decarboxylaseaktivität wurde in allen geprüften noradrenalinhaltigen Nerven [siehe [2])], z. B. im Grenzstrang des Sympathicus vom Rind, Kaninchen und Hund, im Milznerv und im Halsganglion von Rind und Hund gefunden. Die Threoform führte hierbei zu 1-Noradrenalin, das am Blutdruck des Hundes nachgewiesen wurde. Bei Inkubation der Erythroform ergab sich ein papierchromatographisch nachweisbares Decarboxylierungsprodukt, das mit dem am Blutdruck sehr wenig aktiven d-Noradrenalin identisch sein dürfte. In Nerven, die kein Noradrenalin enthalten, wie der N. vagus von Rind und Kaninchen oder der N. phrenicus vom Hund wurde Oxyphenylserin- und Dopadecarboxylase nicht angetroffen. Unter gleichen Versuchsbedingungen in bezug auf Substratkonzentration, Temperatur und p_H führten die 1 g Frischgewebe entsprechenden Homogenate oder Extrakte, z. B. aus Rindernebennierenmark in 1 Std zu 22%igem Umsatz von 3,4-Erythro-Dioxyphenylserin, Rindersympathicus in 15 Std zu 3 bis 7%igem Umsatz, Rindermilznerv in 15 Std zu 13%igem Umsatz beider Dioxyphenylserine und Hundesympathicus in 4 Std zu 6%igem Umsatz von 3,4-Threo-Dioxyphenylserin.

Die papierchromatographische Analyse der Versuchsansätze ergab neben dem Noradrenalinfleck einen weiteren Fleck, dessen R_f-Wert weit höher als die R_f-Werte von Adrenalin und Noradrenalin liegt. Die Substanz wurde noch nicht identifiziert. Auf der Suche nach Vorstufen des Noradrenalins im Nebennierenmark konnten wir vorerst nur Dopa in einer Menge von nur wenigen γ pro g Gewebe in hochkonzentrierten, von Adrenalin und Noradrenalin befreiten Trichloressigsäureextrakten aus Rindernebennierenmark papierchromatographisch nachweisen.

Oxyphenylserindecarboxylaseaktivität findet sich, *soweit bisher untersucht*, in den gleichen Nervenarten, in denen wir auch Histidindecarboxylase nachgewiesen haben[3]).

Unsere Versuchsergebnisse machen es wahrscheinlich, daß Oxyphenylserine Vorstufen des Noradrenalins im Nebennierenmark und in den sympathischen Nerven sind.

Ausgeführt mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft. — Das Pyridoxal-5-Phosphat verdanken wir der Freundlichkeit der Deutschen Hoffmann-La Roche A.G.

Laboratorium der Chirurgischen Klinik der Universität, München. E. Werle und J. Jüntgen-Sell.

Eingegangen am 4. Mai 1955.

[1]) Werle, E., u. J. Jüntgen-Sell: Biochem. Z. **326**, 110 (1954).
[2]) Euler, U. S. v.: Pharmacol. Rev. **3**, 247 (1951).
[3]) Werle, E., u. A. Schauer: Histaminsymposium, London, 3.—10. April 1955.

Über die Unterscheidung lebender und toter Hefezellen durch Fluorochromierung mit Berberinsulfat.

Im Rahmen unserer Untersuchungen über den photodynamischen Effekt von Benzpyren und ultravioletten Strahlen auf Saccharomyces cerevisiae stellten wir eingehende vergleichende Untersuchungen der Hefegranula an. Wie Graffi[3]) sowie Graffi und Maas[4]) erkannten, speichern diese — früher als metachromatische Körperchen, Volutingranula, Babes-Ernstsche Körperchen u. a. beschriebenen — Organellen der Mikroorganismen (Bakterien, Hefen, Pilze) ähnlich den Mitochondrien höher organisierter Zellen selektiv Benzpyren. Ausgehend von diesen Befunden und auf Grund positiver Ergebnisse mit der Janusgrün-Vitalfärbung nahmen Graffi und Mitarbeiter an, daß es sich eventuell „um Äquivalente der Mitochondrien und Lipochondrien höher organisierter Zellen" handeln könnte, zumal schon Dietrich und Liebermeister[2]) und Schultze[8]) die Granula als zur Indophenolblausynthese (Nadi-Reaktion) fähig erkannten und deshalb in ihnen Oxydasen lokalisiert wissen wollten.

Auf Grund der besonders in den letzten Jahren veröffentlichten Ergebnisse zahlreicher Untersucher (Ephrussi, Lindegren, Marquardt, Mudd, Steiner u. a.) werden diese Granula heute allgemein als Mitochondrien bzw. Mitochondrienäquivalente angesprochen: sie reduzieren TTC und NTC, sind Nadi-positiv, speichern Benzpyren und färben sich mit Janusgrün B und anderen Mitochondrienfarbstoffen an. Kürzlich wies nun Krieg[5]) nach, daß die Hefe-Granula — ähnlich den Mitochondrien von Ascites-Tumorzellen[7]) — das Atmungsgift Berberinsulfat selektiv speichern und auch dadurch ihre Mitochondrien-Natur offenbaren. Bei unseren Untersuchungen konnten wir Kriegs Befunde bestätigen: während das Plasma lebender Zellen bei fluoreszenzmikroskopischer Prüfung nur schwach diffus blaugrün fluoresziert, wobei die Vakuole meist völlig ausgespart bleibt, zeichnen sich die (häufig kranzförmig um die Vakuole angeordneten) Mitochondrien durch eine wesentlich intensivere, türkisfarbene Fluoreszenz aus.

Darüberhinaus gelang es uns, das Berberinsulfat zur sicheren Unterscheidung lebender und toter Hefezellen heranzuziehen, während die dafür bisher angewandten Methoden (Acridinorangefluorochromierung, Methylenblaufärbung) nach den Untersuchungen Bogens[1]), Lindegrens[6]), nach unveröffentlichten Arbeiten aus der Abteilung Mikrobiologie (Leiter: Prof. Dr. Windisch) unseres Institutes sowie nach eigenen Untersuchungen als nicht exakt abgelehnt werden müssen. Im Gegensatz zu den lebenden Zellen, die sich erst nach einer von der Farbstoffkonzentration und der Suspensionsdichte abhängigen, verschieden langen Zeit in oben beschriebener Weise mit Berberinsulfat anfärben, zeichnen sich die toten Zellen dadurch aus, daß sie den Farbstoff innerhalb weniger Minuten maximal aufnehmen und dann ausgeprägt leuchtend-gelb (Filter GG4, BG12) fluoreszieren.

Unsere verschiedenen Untersuchungen führten unter anderem zu folgenden Ergebnissen: Der Effekt verläuft unabhängig von der Hefesuspensionsdichte (etwa $1{,}25 \cdot 10^6$ bis $7{,}8 \cdot 10^4$ Zellen/mm³), unabhängig von der Farbstoffkonzentration (1 bis 0,0005%; in Tyrode), unabhängig von der Art der Hefeabtötung sowie unabhängig von der Wasserstoffionenkonzentration (p_H 3,4 und 9,0; Glykokoll-Puffer) und tritt innerhalb weniger Minuten, mindestens (bei 0,0005%iger Lösung) aber nach 10 bis 15 min auf. Zudem ist während einer 24stündigen Speicherungsdauer keine merkliche Verschiebung des Verhältnisses lebender: toter Zellen festzustellen. Die günstigsten Ergebnisse erhielten wir mit einer 0,05%igen Farbstofflösung bei einer Suspensionsdichte von etwa $2{,}5 \cdot 10^5$ Zellen/mm³ (= 1 g Hefe in 100 cm³ H_2O).

An anderer Stelle werden wir demnächst ausführlicher über unsere Ergebnisse berichten.

Institut für Medizin und Biologie der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. Dr. W. Friedrich), Abteilung Biologische Krebsforschung (Leiter: Prof. Dr. A. Graffi). Erhard Geissler.

Eingegangen am 27. April 1955.

[1]) Bogen, H. J.: Arch. Mikrobiol. **18**, 170 (1953).
[2]) Dietrich, A., u. G. Liebermeister: Zbl. Bakter. I Orig. **32**, 858 (1902).
[3]) Graffi, A.: Z. Krebsforsch. **52**, 234 (1941).
[4]) Graffi, A., u. H. Maas: Arb. staatl. Inst. exp. Therap. Frankfurt a. M. **39**, 21 (1940).
[5]) Krieg, A.: Naturwiss. **41**, 19 (1954). — Experientia **10**, 172 (1954).
[6]) Lindegren, C. C.: The Yeast Cell. St. Louis **1949**, 5.
[7]) Schmitz, H.: Naturwiss. **38**, 405 (1951).
[8]) Schultze, W. H.: Zbl. Bakter. I Orig. **56**, 544 (1910).

Eine Methode zur Erhaltung von homozygoten Chlorophyllmutanten.

Die darzustellenden Untersuchungen wurden an haploidem Antirrhinum majus, Sippe 50, durchgeführt. Durch Röntgenbestrahlung der Vegetationskegel induziert man in einer oder mehreren Initialzellen somatische Mutationen. Infolge der Haploidie treten die Veränderungen sofort in Erscheinung. Falls eine Mutation den Pigmentgehalt der Chloroplasten betrifft, nimmt die betreffende Pflanze im weiteren Wachstumsverlauf Chimärennatur an. Durch geeignetes Beschneiden eines solchen Sprosses kann man die mutierten Gewebe in einem Seitenzweig anreichern. In den meisten Fällen wachsen zunächst entstandene Sektorialchimären zu Periklinalchimären aus, die ihren Charakter dann beibehalten. Gelegentlich spalten mutierte Gewebeteile auch in reiner Form als Seiten-

zweige heraus. Sind sie sehr chlorophyllarm, so sterben sie bei Antirrhinum bald ab. Durch Colchicinieren der Chimären erhält man einen diploiden Sproß, von dem nach Selbstung vollständig homozygote Samen geerntet werden können.

Diese Art der Mutationsauslösung bietet gewisse Vorteile. Die herkömmlichen Methoden lassen Veränderungen der Chloroplastenpigmente im allgemeinen nur in der F_2 erkennen, d.h. in homozygot rezessiven Pflanzen. Starker Pigmentverlust führt dabei bereits zu Keimlingsletalität. Durch die Bestrahlung von Haploiden können dagegen auch extrem weiße Gewebeteile gezüchtet und analysiert werden.

Bisher konnten von 50 mit 2000 oder 3000 r bestrahlten Pflanzen 12 Periklinalchimären isoliert und nach Diploidisierung von zweien — mit A und B bezeichnet — Samen geerntet werden. Bei Keimlingen der Mutante A ist die Blattspitze der Kotyledonen etwas heller gefärbt als die Basis. Die Palisadenschicht dieser helleren Zone ist chlorophyllfrei. Mit fortschreitender Entwicklung zeigen die jungen Pflanzen zunehmende Ähnlichkeit mit der von KUCKUCK und SCHICK[1]) beschriebenen Mutante „marmorata". Während diese Autoren jedoch von einer „obwohl großflächigen, so doch ziemlich regelmäßig auftretenden Scheckung" berichten, finden wir bei unseren Pflanzen eine sehr unregelmäßige Verteilung heller und dunkler Bezirke. Es gibt alle Übergangsformen zwischen fast rein grünen und fast rein weißen Blättern, die dann infolge des ungleichen Wachstums ihrer grünen und weißen Sektoren stark gekrümmt sind. Wir vermuten daher, daß es sich hierbei um eine andere als die „marmorata"-Mutante handelt.

Aus dem Samen der zweiten Periklinalchimäre (B) entwickelten sich gleichmäßig hellgrüne Keimlinge. Sie wachsen sehr schlecht und bleichen bei starker Sonneneinstrahlung aus. Nach Bildung von ein bis zwei Laubblattpaaren gehen sie zugrunde. Aus der ursprünglichen Periklinalchimäre spalten gelegentlich rein hellgrüne Seitenzweige heraus, die zum Blühen gebracht werden können. Die Samen sind jedoch taub. SCHICK und STUBBE[2]) beschrieben als „egrediens" eine Mutante gleichen Aussehens. Sie ist ebenfalls als Keimling hellgrün und bildet nur ein bis zwei Laubblattpaare aus. Man kann annehmen, daß es sich in unserem Falle um eine Mutation des gleichen Genes handelt.

Durchgeführt mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Botanisches Institut der Universität, Köln.

Eingegangen am 7. Mai 1955. BERNHARD ABEL.

[1]) KUCKUCK, H., u. R. SCHICK: Z. Abstammgslehre **56**, 51 (1930).
[2]) SCHICK, R., u. H. STUBBE: Z. Abstammgslehre **62**, 249 (1932).

Incidence of Fungistatic Organisms in the Rhizosphere of Pigeon-pea (*Cajanus cajan*) in Relation to Resistance and Susceptibility to Wilt caused by *Fusarium udum* BUTLER.

Investigations on the distribution of fungistatic organisms in the rhizosphere of pigeon-pea plants resistant and susceptible to wilt caused by *Fusarium udum* was made. Strains of pigeon-pea, N. P. 82 (resistant) and N. P. 5 (susceptible) were grown in soil known to be naturally infested with *Fusarium udum*. Rhizosphere soil dilutions were prepared as described earlier[1]) and the occurrence of organisms inhibitory to the fungus were detected employing double layered method making use of three different media viz., calcium malate agar, modified Lohnis soil extract agar and a third medium prepared with the root extracts of respective strains of pigeon-pea. Actinomycete colonies in the plates poured from the dilutions of resistant plant rhizosphere showed distinct inhibition of *F. udum*. The search for occurrence of antagonistic organisms was extended to six more soils. Actinomycetes were isolated from the rhizospheres of resistant and susceptible plants carefully avoiding preferential selection. — The isolates were screened separately for antibiosis against *F. udum* using the successive inoculation and agar-cup methods. The percentage incidence of "strong inhibitors", viz. those which produced an inhibition zone more than 20 mm in diameter, in the rhizospheres of the two strains of pigeon-pea grown in different soils is presented in the accompanying table.

Streptomyces griseolus (WAKSMAN) WAKSMAN & HENRICI group was found to exert strong inhibition on the fungus and this was by far the most abundant in the rhizosphere of resistant pigeon-pea plants. *S. erythrochromogenus* (KRAINSKY) WAKSMAN & HENRICI, *S. roseochromogenus* (JENSEN) WAKSMAN & HENRICI and an unidentified *Streptomyces* were also found to be inhibitory to the causal organism. Although species of *Nocardia* and *Micromonospora* were abundant, they exerted

Table 1.

Soils in which plants were raised	Percentage of "strong inhibitors"	
	N. P. 82	N. P. 5
1. Pigeon-pea field I*)	16	6
2. Pigeon-pea field II	33	0
3. Pigeon-pea field III	13	0
4. Kitchen garden soil	20	0
5. Black cotton soil	16	0
6. Soil cropped with *Eleusine*	20	0
7. Uncultivated soil	24	0

*) Soil naturally infested with *Fusarium udum*.

very little inhibition of the fungus. It is of interest in this connection to note that actinomycetes isolated from the rhizosphere of resistant strains of pigeon-pea exerted maximum inhibition of *F. udum* when tested on medium prepared with the root extracts of the same strain, but only weak inhibitory zones were observed on the root extract medium of the susceptible strain. Survival of *F. udum* was more rapidly curtailed in the rhizosphere soil of resistant plants than in the susceptible ones.

ROMBOUTS[4]) investigating to determine HARPER's[3]) observation on the uneven distribution of fungistatic bacteria in the rhizosphere of banana plants as related to resistance to Panama disease could not lend support to this possibility. The author's investigations are of interest in view of the fact that in a close microbial association as rhizosphere there are indications of the presence of antibiotic producing actinomycetes which might depend for their active development on certain conditions within this zone, including perhaps, the root excretions. Possibilities of a biological control of wilt disease of pigeon-pea are being investigated taking advantage of the extreme intolerance of *F. udum* to microbial antagonism which is so characteristic of the root-inhabiting group of soil-borne plant pathogens[2]). Results of these investigations will be reported elsewhere.

I am much thankful to Professor T. S. SADASIVAN for his guidance and to Professor SELMAN A. WAKSMAN of the Rutger's university for identifying the species of *Streptomyces*. My thanks are also to the Director, Indian Agricultural Research Institute, for supplying me different strains of pigeon-pea.

University Botany Laboratory, Madras-5 (S. India).

Eingegangen am 26. April 1955. V. AGNIHOTHRUDU.

[1]) AGNIHOTHRUDU, V.: Proc. Indian Acad. Sci., Sect. B **37**, 1 (1953).
[2]) GARRETT, S. D.: Biol. Rev. **25**, 220 (1950).
[3]) HARPER, J. L.: Plant a. Soil **2**, 383 (1950).
[4]) ROMBOUTS, J. E.: Plant a. Soil **4**, 276 (1953).

Pflanzliche Krebsdisposition, Wuchsstoffspiegel und Blühwilligkeit.

Im Gegensatz zu den Verfechtern einer Einphasentheorie [Literatur bei [4])] können wir heute mit Bestimmtheit sagen, daß die pflanzliche Tumorbildung in mehreren Perioden abläuft, von denen zumindest nicht alle, wahrscheinlich nur eine an die Auxinwirkung des bakteriellen Erregers gebunden ist[2]). Auch das Problem der stofflichen Voraussetzungen für die Blühwilligkeit der Pflanze ist auf das engste mit Wuchsstoffragen verknüpft[1]),[3]). Als allgemeine Regel läßt sich erkennen, daß niedrige Wuchsstoffkonzentration optimale Verhältnisse für die reproduktive und höhere Wuchsstoffkonzentrationen günstige Verhältnisse für die vegetative Entwicklung darstellen. Aus der Verknüpfung sowohl der verschiedenen Entwicklungsphasen als auch der Krebsdisposition mit dem Wuchsstoffspiegel der Pflanze ergibt sich für die vorliegende Arbeit die Fragestellung nach den unmittelbaren Beziehungen zwischen vegetativen Entwicklungsstadien, Blühwilligkeit und Krebsanfälligkeit der Pflanze.

Die diesbezüglichen Versuche wurden mittels Nadelstichinfektion mit *Pseudomonas* (= *Agrobacterium*) *tumefaciens*, Stamm *Chrysanthemum frutescens* IIb, STAPP, durchgeführt. Die Krebsdisposition, ein der Pflanze eigentümliches Verhalten gegenüber dem krankheitserregenden Einfluß des infizierenden Bakteriums, wurde unter gleichen Infektions- und äußeren Entwicklungsbedingungen durch Volumen- und Gewichtsbestimmung der Krebsgeschwülste festgestellt. Wenn auch mit diesem Verfahren die Krebsdisposition eines Gewebes nicht völlig charakterisiert werden kann, so gibt es doch die Möglichkeit einer vergleichenden Messung.

Bei jungen Tomatenpflanzen und solchen von *Bryophyllum daigremontianum* nimmt die Krebsdisposition von den älteren unteren Knoten nach den jüngeren oberen zu. Künstliche Dispositionserhöhung älteren Gewebes durch Applikation von β-Indolylessigsäure ist nicht gelungen. Auch gelang es nicht, den Dispositionsgrad älteren Gewebes durch Infiltration eines Gemisches aus Gewebesaft von Brutknospen von *Bryophyllum daigremontianum* und IES zu beeinflussen. Die auf der Embryonalität jungen Gewebes beruhende höhere Krebsdisposition kann demnach bei älteren Geweben durch Zufuhr von Gewebstoffen aus hochdisponiertem Gewebe nicht herbeigeführt werden. Daß die hohe Krebsdisposition jungen Gewebes des vegetativen Sproßbereichs hauptsächlich vom natürlichen Wuchsstoffgehalt abhängt, konnte durch künstliche Herabsetzung des Auxinspiegels festgestellt werden. Als hierzu geeignete Methode erwies sich die Bestrahlung mit ultraviolettem Licht unter Ausnutzung des hiermit erzielten photolytischen Effekts auf das Auxin.

In einer weiteren Versuchsreihe wurden die pflanzeneigenen Wuchsstoffe mit 2,3,5-Trijodbenzoesäure (TIBA) zurückgedrängt. Beide Versuchsserien hatten das Ergebnis einer Herabsetzung der Krebsdisposition bei *Helianthus annuus*, *Kalanchoe Blossfeldiana* und *Solanum lycopersicum*. Es muß bemerkt werden, daß geringe Dosen sowohl von UV-Bestrahlung als auch von TIBA zu einer Stimulation des Tumorwachstums führten. Auch durch Verdunkelung ließ sich auf dem Wege der Verhinderung der Wuchsstoffsynthese eine Verringerung der Krebsdisposition erzielen.

Der Krebsdispositionsgrad von Sonnenblumen- und Tomatenpflanzen geht beim Übergang von der vegetativen zur reproduktiven Phase zurück. Bei diesem Befund ist der altersbedingte Rückgang der Disposition ausgeschlossen, insofern gleichaltrige (junge) Gewebe sowohl des Blütenbereichs als auch der vegetativen Sproßteile infiziert wurden. Das Ergebnis wird in erster Linie auf einen Rückgang des Wuchsstoffspiegels beim Übergang von der vegetativen zur reproduktiven Phase zurückgeführt. Diese Deutung stellt ein weiteres Argument für die Korrelation von hohem Auxinspiegel und Blühhemmung bzw. niedrigem Wuchsstoffspiegel und Blühwilligkeit dar. Eine weitere Ursache für den Rückgang der Krebsdisposition dürfte im Schwinden der meristematischen Aktivität bei Eintritt der Blüte und Fruktifikation zu suchen sein.

Eine ausführlichere Fassung der Arbeit erscheint in Beitr. Biol. Pflanzenkde., Bd. 32, H. 1 (1955).

Botanisches Institut der Universität, Mainz.

Eingegangen am 29. April 1955. KARL HÖHN.

[1]) DENFFER, D. v.: Naturwiss. **37**, 296 (1950).
[2]) KLEIN, R. M., u. G. K. K. LINK: Proc. Nat. Acad. Sci. USA **38**, 1066 (1953).
[3]) LAIBACH, F.: Beitr. Biol. Pflanzen **29**, 129 (1952).
[4]) RACK, K.: Phytopathol. Z. **21**, 1 (1953).

Die ersten Furchungsteilungen bei Bithynia tentaculata L.

Die Normogenese des Süßwasser-Prosobranchiers Bithynia tentaculata L. wurde zuletzt von SACHWATKIN[1]) und zuvor von SARASIN[2]) und von v. ERLANGER[3]) untersucht. Keiner der Autoren beschrieb die Furchungsteilungen ausführlich. Ihre Beobachtungen sind lückenhaft und zum Teil widersprechend.

Etwa 3 Std nach der Ablage deformiert sich die Eizelle birnförmig. Das breite Ende bezeichnet den animalen Pol, an dem bald darauf das erste Richtungskörperchen (Fig. 1) und etwa 20 min später das zweite Richtungskörperchen erscheint, das kleiner ist als das erste. Nach Beendigung der Meiosis nimmt das Ei wieder kugelige Gestalt an. Deszendenten des ersten Richtungskörperchens wurden nicht gefunden. SACHWATKIN[1]) behauptete, daß der animale Pol des Bithyniaeies immer nach unten zu liegen komme. In unserem Material waren durchschnittlich 45% der Eier mit dem animalen Pol nach oben, 35% mit dem animalen Pol nach unten ausgerichtet, und der Rest nahm eine seitliche Lage ein. Der Schwerpunkt kann also in verschiedenen Bezirken des Eies liegen.

7 Std nach der Eiablage beginnt die erste Furchungsteilung, indem sich die Eizelle senkrecht zur Eiachse streckt. Während die Furche vom animalen Pol her einschneidet, stülpt sich eine halbmondförmige Zone klaren Plasmas am vegetativen Pol vor und bildet einen kleinen Pollappen (Fig. 2). Dieser Pollappen schnürt sich im Laufe der Teilung immer mehr ab, bis er nur noch durch eine feine Plasmabrücke mit dem übrigen Ei verbunden ist. Anschließend verschmilzt der Pollappen mit einer der beiden Halbblastomeren (der CD-Zelle). Infolge der Kleinheit des Pollappens besteht kein meßbarer Größenunterschied zwischen der AB- und der CD-Blastomere. Entgegen den früheren Beobachtungen gehört also auch Bithynia tentaculata zu den Gastropoden mit Pollappen. Der Unterschied zu Ilyanassa z.B. besteht vor allem in der Kleinheit des Pollappens bei Bithynia.

Nach einer Interphase von etwa 2 Std (bei 18° C) beginnt die zweite Furchungsteilung, bei der die eine Halbblastomere etwas früher durchschnitten wird als die andere. In einigen Fällen wurde ein Pollappen beobachtet, jedoch kann nicht entschieden werden, ob er in der zweiten Furchungsteilung regelmäßig auftritt. Die weiteren Furchungsteilungen verlaufen nach dem normalen Spiralier-Schema. Die Mikromeren teilen sich stets vor den Makromeren. Die Teilungen der Keime eines Laichbandes verlaufen nacheinander im Rhythmus der Eiablage mit einer Zeitdifferenz zweier benachbarter Eier

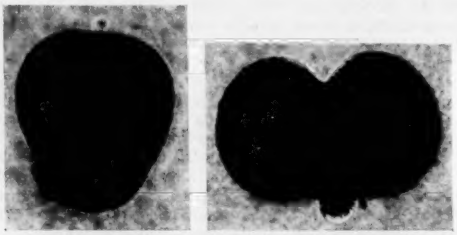


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. Erste Reifeteilung; Abschnürung des ersten Richtungskörperchens am breiten animalen Pol des birnförmig deformierten Eies. Phasenkontrast-Aufnahme.

Fig. 2. Erste Furchungsteilung; Vorstülpung des vegetativen Pollappens, gleichzeitiges Einschneiden der ersten Furche am animalen Pol. Phasenkontrast-Aufnahme.

von 5 bis 8 min. Die Furchungsgeschwindigkeit ist von der Temperatur und der Sauerstoffspannung des umgebenden Mediums abhängig.

Zoologisches Institut der Technischen Hochschule, Darmstadt. OSWALD HESS.

Eingegangen am 20. April 1955.

[1]) SACHWATKIN, V. A.: Die Embryonalentwicklung von Bithynia ventricosa GRAY. Mèm. l'Univers. État l'Extrême-Orient, Ser. 8. (Russisch, deutsche Zusammenfassung). 1926. Die Entwicklung von B. ventricosa scheint sich nicht von der bei B. tentaculata zu unterscheiden.
[2]) SARASIN, P. B.: Inaug.-Diss. Würzburg 1882.
[3]) ERLANGER, R. v.: Mitth. Zool. Stat. Neapel **10**, 376 (1891).

Die Form der Riechzellen des Hundes.

Auf Grund zahlreicher Beobachtungen nimmt man eine begrenzte Anzahl von Rezeptorklassen im Riechepithel des Menschen und der Säugetiere an. Ein Duftstoff erregt nach diesen Vorstellungen Rezeptoren mehrerer Klassen in spezifischer Kombination, was die Unterscheidung einer großen Zahl von Duftqualitäten ermöglicht [beim Menschen mehr als 10000[1])]. Während MONCRIEFF[2]) etwa 6 Rezeptorklassen annimmt, rechnet GUILLOT[3]) mit etwa 100. Auch ADRIAN[4]) schließt auf Grund elektrophysiologischer Befunde am Bulbus olfactorius des Kaninchens auf eine größere Zahl. Nach dem Zahlenverhältnis der Mitralzellen zu den Glomeruli im Bulbus olfactorius des Kaninchens sind 24 Rezeptorarten geschätzt worden[1]). In diesem Zusammenhang wurde gefragt, ob der physiologischen Verschiedenheit der Riechzellen morphologische Unterschiede entsprechen[3]),[5]). A. MÜLLER[6]) sieht in der verschieden schnellen Anfärbung der Riechzellen des Hundes mit Trypanblau einen Hinweis auf physiologische Unterschiede und macht auf knötchenartige Verdickungen des peripheren Ausläufers der Riechzellen aufmerksam.

An der verschiedenen Zahl und Größe der Knötchen kann man die Zellen deutlich unterscheiden, während die feinen zentralen Fortsätze und die Zellkerne ziemlich gleichförmig sind. Man kann zwanglos folgende Klassen aufstellen (Fig. 1), jedoch sind manche Übergangsformen nicht ganz sicher einzuordnen:

1. Zellen ohne Knötchen am peripheren Fortsatz, a) lange, b) mittlere, c) kurze Fortsätze.
2. Zellen mit kleinen Knötchen am peripheren Fortsatz, mit a) 1, b) 2, c) 3, d) 4, e) 5, f) mehr als 5 Knötchen.
3. Zellen mit einem dicken Knötchen, a) ohne kleine Knötchen, mit b) 1, c) 2, d) 3, e) 4, f) mehr als vier kleinen Knötchen.

4. Zellen mit zwei dicken Knötchen.

Abgesehen von Gruppe 1, bleibt die Länge des peripheren Fortsatzes, die sich nach der Lage des Kernes in dem hohen Riechepithel richtet, unberücksichtigt, weil sich keine scharf abgrenzbaren Gruppen ergeben. Unter 2a und 3e sind je 2 Zellen gleichen Typs mit verschieden langem Fortsatz dargestellt. Vielleicht sind auch diese Formunterschiede wichtig. Entsprechendes gilt für die bis über 1000[7]) steigende Zahl der feinen Riechhärchen ($0{,}1 \times 2\,\mu$), die am peripheren Ende der Zelle die freie Oberfläche sehr vergrößern. Gegen die getroffene Einteilung könnte man einwenden, daß manche Typen nicht klar genug definiert sind; so hat die erste Zelle 2a (Fig. 1) Ähnlichkeit mit 3a, die zweite mit 1b. Die Klasseneinteilung kann demnach noch nicht endgültig sein.

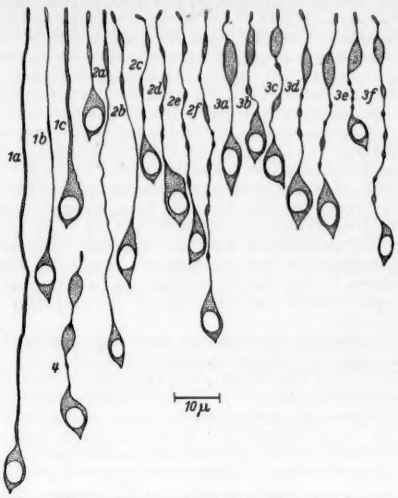


Fig. 1. Sinneszellen aus dem Riechepithel des Hundes (Trypanblaufärbung).

Die Häufigkeit der verschiedenen Zellformen wurde durch Zählungen ermittelt, wobei Querschnitte durch das Riechepithel von $15\,\mu$ Dicke auf einer Länge von je $130\,\mu$ (Fläche 0,00195 mm²) ausgewertet wurden.

Tabelle 1. *Häufigkeit der Riechzellformen in verschiedenen Bezirken des Riechfeldes.*

Ort	Form																Summe
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	2d	2e	2f	3a	3b	3c	3d	3e	3f	4	
Sep. nas.*)	2	3	1	2	5	1	2	1	0	3	7	5	2	1	1	0	36
End. I**)	2	2	0	1	3	3	6	1	1	8	5	4	1	2	0	0	39
End. IIb	1	3	0	1	3	5	4	2	0	6	9	5	3	1	0	0	43
End. IIIb	3	5	0	0	2	2	5	2	1	5	2	3	1	1	0	0	32
Ekt. 3a†	0	1	0	3	5	7	4	3	1	6	6	3	1	0	0	1	41

*) Sep. nas. = Septum nasi; **) End. = Endoturbinale; †) Ekt. = Ektoturbinale 3a.

Nach Tabelle 1 und weiteren Zählungen sind die Zellen mit sehr langen Fortsätzen ohne Knötchen und solche mit zwei großen Knötchen am seltensten. Die Verteilung der Formtypen ist zwar verschieden, etwa im Septum gegenüber Ektoturbinale 3a, doch kann man daraus keine Folgerungen ziehen, weil die Einordnung der Zellformen nicht immer sicher genug ist. Bemerkenswert und gesichert erscheint dagegen das Vorkommen fast aller Formtypen in allen Bezirken des Riechfeldes.

Erlangen, Zoologisches Institut der Universität.

W. Neuhaus.

Eingegangen am 25. März 1955.

[1]) Hainer, R. M., A. G. Emslie u. A. Jacobson: Ann. New York Acad. Sci. **58**, 158 (1954).
[2]) Moncrieff, R. W.: Ann. New York Acad. Sci. **58**, 73 (1954).
[3]) Guillot, M.: C. R. Acad. Sci. **226**, 1307 (1948).
[4]) Adrian, E. D.: Acta physiol. scand **29**, 5 (1953).
[5]) Beidler, L. M.: Ann. New York Acad. Sci. **58**, 52 (1954).
[6]) Müller, A.: Z. Zellforsch. **41**, 335 (1955).
[7]) Bloom, G., u. H. Engström: Exper. Cell Res. **3**, 669 (1952).

Zellverfettung bei Barschembryonen im Sauerstoffmangelversuch.

W. Schäperclaus mißt in seinem Lehrbuch[1]) für das Zustandekommen der lipoiden Organdegeneration unter anderem einer mangelhaften Sauerstoffversorgung der Gewebe eine maßgebliche Bedeutung bei. In diesem Zusammenhang ist es von Interesse, daß bei Embryonen des Flußbarsches (Perca fluviatilis), die von frühen Entwicklungsstadien (32- bis 64zelligem Blastodisk) bis zur Ausbildung der primären Augenblasen einem sich verstärkenden Sauerstoffmangel ausgesetzt waren, neben den verschiedenartigsten Entwicklungsstörungen und Konstitutionsschäden [Acephalie, Mikrocephalie, Zyklopie, An- und Mikrophthalmie, Herzbeutelwassersucht u. a.[2])] auch eine starke Zellverfettung aller Körperteile und Organe in Erscheinung trat. In schweren Fällen erschienen die Embryonen durch die Auftreibung der Zellen der äußeren Zellagen geradezu höckerig; nicht selten ließ sich ein Platzen stark verfetteter Zellen beobachten. Nach der Überführung der Embryonen in sauerstoffreiches Wasser fand bei den überlebenden ein langsamer, mehrere Tage dauernder Abbau der Fettstoffe statt. Die als Folge der Verfettung — vor allem wohl durch die Beeinträchtigung der Teilungsfähigkeit der Zellen — auftretenden Defekte waren zum Teil erheblich. Zum Beispiel bewirkte die Verfettung einer oder mehrerer Zellen im Bereich der Wirbelsäule auch bei sonst nur wenig geschädigten Larven stets eine Knickung an der betreffenden Stelle. Eindeutig auf Zellverfettung zurückführbar sind ferner die am Flossensaum und an den Brustflossen auftretenden Schäden (Verbiegungen, Faltungen, Einreißen), während bei den umfangreichen Kopf- und Rumpfdefekten die fettige Degeneration in ihrer Wirkung hinter andersartig bedingten Störungen im allgemeinen zurückzutreten scheint.

Institut für Fischereiwesen der Humboldt-Universität, Berlin (Direktor: Prof. Dr. H. H. Wundsch).

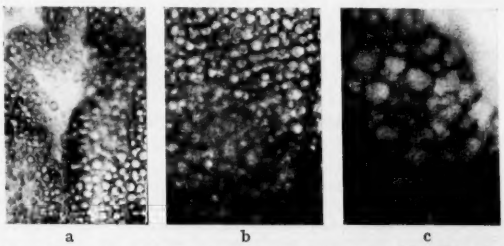
U. Lieder.

Eingegangen am 23. Mai 1955.

[1]) Schäperclaus, W.: Fischkrankheiten, 3. Aufl. Berlin: Akademie-Verlag 1954.
[2]) Hierüber wird an anderer Stelle berichtet werden; vgl. auch die Arbeit von Mangold, O., u. H. Waechter: Naturwiss. **40**, 328, 595 (1953); ferner die Veröffentlichungen von F. Büchner und seinen Mitarbeitern.

Vorgänge am Fettkörper der Larve von *Prodiamesa olivacea* in Anaerobiose.

In einer Mitteilung in dieser Zeitschrift[1]) habe ich beschrieben, daß sich am Fettkörper der Larve von *Chironomus thummi* bei Anaerobiose wichtige, mit Gasemission und Erholungsatmung zusammenhängende Prozesse abspielen. Zum



a b c

Fig. 1a—c. Fettkörper von Prodiamesa olivacea. a Unbehandelt; b nach 22 Std Anaerobiose; c desgleichen, schwer geschädigtes Tier. (Th. Grospietsch phot.)

Vergleich wurde nun das entsprechende Verhalten des Fettkörpers der Larve von *Prodiamesa olivacea*, also einer Chironomidenlarve, die zwar einen gewissen O_2-Mangel erträgt, aber nicht ausgesprochen euroxybiont lebt, vor allem keine richtige Erholungsatmung hat[2]), untersucht. In Fig. 1 gebe ich Photos des Fettkörpers dieser Form bei der gleichen Vergrößerung (Obj. Leitz 5, Okular 10mal) wieder. Fig. 1a zeigt den Fettkörper einer unbehandelten Larve mit seinen verhältnismäßig kleinen, kugligen Einschlußkörperchen, die nur hier und da einmal etwas größer sind. Fig. 1b stammt dagegen von einer Larve nach 22 Std Anaerobiose (Bomben-N_2). Die Einschlußkügelchen erscheinen wesentlich größer und dichter gedrängt, während ihre Zahl abgenommen hat, wie Auszählung von Probeflächen ergibt. Es sei bemerkt, daß auch von unbehandeltem Material, das während des Transportes (von Immendorf bei Köln) bereits verringerte O_2-Versorgung hatte, mitunter ähnliche Bilder erhalten wurden. Fig. 1c stammt von einer Larve, die sich ebenfalls 22 Std in Anaerobiose befunden hatte, aber offensichtlich schwer geschädigt war; ihre

Einschlußkügelchen sind bei weiterer Verringerung der Zahl abnorm vergrößert, stehen offenbar kurz vor der Auflösung. Es ist keine Frage, daß die abgebildeten Prozesse an den Einschlußkügelchen des Fettkörpers in ursächlichem Zusammenhang mit der Gasemission, die bei *Prodiamesa* eine große Rolle spielt, stehen. Ich habe diese Vorgänge, die die manometrische Messung des O_2-Verbrauchs empfindlich stören können, ausführlich beschrieben[2]). Gelegentlich, namentlich bei N_2-Behandlung im Kühlen, erlangen einzelne Larven ihre Beweglichkeit wieder. Der Fettkörper solcher Larven zeigt gewöhnlich eine recht erhebliche Verarmung an Einschlußkügelchen, neben denen zumeist sehr kleine sicher in Entwicklung befindliche Körperchen hervortreten. Die noch vorhandenen Einschlußkügelchen sind verhältnismäßig groß; bei vielen, nur mäßig beweglich werdenden Larven erfüllen sie noch ziemlich dicht gedrängt (ähnlich Fig. 1b) den Fettkörper, sind also offenbar in akuter Emissionsbereitschaft. — An (meist kleineren) gut beweglichen Larven nach Anaerobiose sieht man am Fettkörper nur reichlich kleinste Einschlüsse. Auch nach mehreren Tagen Aufenthaltes solcher Larven an Luft wurde keine Wiederherstellung des Bildes unbehandelter Larven (vgl. Fig. 1a) beobachtet; eine solche nimmt bestimmt geraume Zeit in Anspruch, wobei die meisten absterben.

Es liegt also bei der Larve von *Prodiamesa* insofern ein ähnlicher Prozeß in Anaerobiose vor wie bei der Larve von *Chironomus thummi*, als Einschlüsse des Fettkörpers stark vergrößert und schließlich aufgelöst werden, was zu Gasemission führt; aber es bestehen zwischen beiden Formen wichtige Unterschiede: An *Chironomus thummi* sieht man bei kurzfristiger Anaerobiose (Deckglaspräparat) ein Anschwellen der Einschlüsse des Fettkörpers, dem bald ein weitgehender Schwund folgt, während bei *Prodiamesa* eine entsprechende Anschwellung viel länger andauert und erheblicher ist. Bei *Chironomus thummi* erfolgt in aerober Erholung ein ziemlich rascher Wiederaufbau der Einschlußkörper, während bei *Prodiamesa* bei noch anhaltender Emissionsbereitschaft nur ein sehr allmählicher Wiederaufbau zu beobachten ist. Dementsprechend finden wir bei *Prodiamesa* keine ausgeprägte Erholungsatmung, sondern auch in der aeroben Erholung zunächst noch anhaltende Gasemission, die wahrscheinlich durch Beeinflussung der Druckabnahme im Manometer den O_2-Verbrauch im Anfang der Erholungsmessung recht gering erscheinen läßt. Wahrscheinlich hängt auch die oft beobachtete „entfesselte" Erholungsatmung mit dem Versuch, normale Verhältnisse im Fettkörper wiederherzustellen, zusammen. — Die Beobachtungen dieser Mitteilung stützen jedenfalls die Auffassung, daß der Fettkörper der Ort wichtiger Prozesse bei der Anaerobiose der Chironomidenlarven ist.

Plön, Hydrobiologische Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft.

Eingegangen am 16. April 1955. OTTO HARNISCH.

[1]) HARNISCH, O.: Naturwiss. **42**, 77 (1955).
[2]) HARNISCH, O.: Biol. Zbl. **72**, 152 (1953).

Zur Frage des plazentaren Übergangs von Plasmodium berghei (Congenitale Malaria).

Seit über 50 Jahren sind in der Literatur Fälle von congenitaler Malaria hauptsächlich beim Menschen beschrieben worden. Da bis vor wenigen Jahren eine Klärung der Frage, ob die Plasmodien von der infizierten Mutter aktiv auf den Fötus überzugehen vermögen, experimentell wegen der Nichtzüchtbarkeit der menschlichen Malaria-Erreger in Laboratoriumstieren nicht möglich war, wurden zur Lösung des Problems viele Theorien aufgestellt. Viele dieser Mutmaßungen sollten sich jedoch im Laufe der Zeit als reine Hypothesen erweisen[2]). Erst durch die Entdeckung des in einigen Laboratoriumstieren züchtbaren Plasmodium berghei in der Baumwollratte durch VINCKE und LIPS[4]) ist eine Klärung jener Frage auf experimentellem Wege möglich geworden. Einige Untersuchungen in jener Richtung von FABIANI und Mitarbeitern[3]) sowie von BRUCE-CHWATT[1]) verliefen mit vorwiegend negativen Ergebnissen.

Um nachzuprüfen, ob der Blut- und Gewebsparasit von der Mutter auf den Fötus aktiv übergeht, wurden weibliche Swiss-Mäuse vor oder jeweils in verschiedenen Trächtigkeitsstadien mit Pl. berghei infiziert. Von 22 Tieren, die durchschnittlich schon 15 bis 25 Tage an Malaria erkrankt waren, wurden nach der Geburt der Jungen insgesamt 113 Neugeborene und 14 Totgeburten auf Parasiten und Malaria-Pigment untersucht. Die Blutuntersuchungen der Neugeborenen erfolgte täglich 2 bis 3 Wochen lang. Während dieser Zeit wurden die Jungtiere von ihren infizierten Müttern und nach deren Tod durch Ammenmäuse gesäugt. Im Alter von 14 bis 20 Tagen wurden die Jungen getötet und die Leber und Milz wie auch die der Totgeburten auf Parasiten und Pigment untersucht. Es konnten weder in den Jungtieren noch in den Totgeburten Parasiten bzw. Pigment nachgewiesen werden.

Weiterhin wurden nach einer Infektionsdauer von durchschnittlich 5 bis 15 Tagen elf Swiss-Mausweibchen mit verschiedenem Trächtigkeitsalter getötet und deren Uteri, die insgesamt 33 Föten, entsprechend dem Trächtigkeitsalter der Mütter, und 34 fötale Mißbildungen enthielten, im *Serienschnitt* histologisch untersucht. In den 33 Föten konnten, falls schon so weit entwickelt, weder im Blut noch in Leber und Milz Parasiten und Pigment nachgewiesen werden. Der histologische Befund ergab ständig das gleiche Bild, stets waren es die äußeren Eihäute — im Bereich der Plazenta das Chorion und außerhalb derselben schon die Zona pellucida oder auch das Prochorion genannt —, welche die Parasiten vor einem Weiterdringen in den fötalen Organismus abhielten.

Ähnliche Befunde ergaben auch die Untersuchungen der 34 fötalen Mißbildungen. Jedoch waren darunter einmal fünf Fälle, bei denen die Plasmodien bis zur Mißbildung selbst, in fünf weiteren nur bis zum Amnion vorgedrungen waren. Bei der ersten Gruppe der genannten Fälle waren die Eihäute gar nicht oder nur sehr unvollständig entwickelt, bei der zweiten Gruppe konnten deutliche Schädigungen am Chorion und der Zona pellucida festgestellt werden. Aus diesen Befunden wird geschlossen, daß den Parasiten durch das Nicht- oder unvollständige Vorhandensein bzw. durch die Schädigung der äußeren Eihaut die Möglichkeit gegeben worden ist, bis zum abgestorbenen Föt (Mißbildung) bzw. bis zum Amnion vorzudringen.

Als vorläufiges Endergebnis wird angenommen, daß der Schutz gegen eine fötale Infektion mit mütterlichen Plasmodien im Chorion und in der Zona pellucida besteht, d.h. mit anderen Worten, daß es den Parasiten nicht möglich ist, diese äußere Eihaut zu durchdringen. Nach Abschluß weiterer, noch im Gang befindlicher Untersuchungen mit anderen Rodentia erscheint eine ausführliche Darstellung der Versuche in der Zeitschrift für Tropenmedizin und Parasitologie.

Abteilung für Tropenmedizin und Parasitologie des Robert-Koch-Instituts, Berlin (Abteilungsdirektor: Prof. Dr. KUNERT).

Eingegangen am 5. Mai 1955. HANS WERNER.

[1]) BRUCE, L. J., u. CHWATT: Nature [London] **173**, 353 (1954).
[2]) COVELL, G.: Trop. Dis. Bull. **47**, 1147 (1950).
[3]) FABIANI, G., H. JAHIER, R. VAGNES u. G. FULCHIRONG: C. R. Soc. Biol. **145**, 1158 (1951).
[4]) VINCKE, J. H., u. M. LIPS: Ann. Soc. belge Méd. trop. **28**, 97 (1948).

Die Steigerung der Colchicinwirkung am Mäuseascites-Tumor durch Megaphen.

Frühere Versuche ergaben, daß bei Vicia faba[1]) und beim EHRLICHschen Ascitestumor der Maus[2]) der Bestrahlungseffekt durch Megaphen gesteigert wird. Zur weiteren Analyse der Wirkung von Megaphen wurde die Kombination mit einer zytostatischen Substanz untersucht. Die zytologischen Versuche wurden an Mäusen, die mit EHRLICH-Ascites-Tumorzellen geimpft worden waren, durchgeführt. Die Tiere erhielten 0,5 mg/20 g K.-gw. Megaphen (s. c.) und daran anschließend 2 γ Colchicin (Merck) i.p. in physiologischer Kochsalzlösung. An Ascitesausstrichen wurden Mitosehäufigkeit + Phasenverteilung ermittelt. Die nach geringen Dosen Colchicin eintretende Mitoseanregung (relativer Anstieg der Prophasen) wird durch die zusätzliche Megapheneinwirkung in die für höhere Colchicindosen charakteristische Metaphasehemmung umgewandelt. Ob dieser Wirkungssteigerung die Zunahme der Toxizität parallel geht, wurde in einem weiteren Versuch geklärt. Die Ermittelung der Überlebensrate von Mäusen, die 0,0024 g/kg Colchicin i.p. erhalten hatten, wobei eine Reihe zusätzlich 0,5 mg/20 g K.-gew. Megaphen erhielt, ergab eine signifikant erhöhte Absterberate bei den Tieren, die Colchicin + Megaphen erhalten hatten. Die Wirkungssteigerung des Colchicineffektes durch Megaphen geht somit der Zunahme der Toxizität parallel.

Universitäts-Frauenklinik, Tübingen. K. PETERS.

Eingegangen am 24. Mai 1955.

[1]) PETERS, K.: Naturwiss. **41**, 89 (1954).
[2]) PETERS, K., W. KRAIS u. H. GÄRTNER: Naturwiss. **42**, 50 (1955).

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.

Chromatographische Methoden in der Protein-Chemie

einschließlich verwandter Methoden wie Gegenstromverteilung, Papier-Ionophorese. Von Professor Dr. rer. nat. **Fritz Turba,** Organisch-Chemisches und Pharmakologisches Institut der Universität Mainz. Mit 258 Abbildungen. VIII, 358 Seiten Gr.-8°. 1954. Ganzleinen DM 69.—

Inhaltsübersicht: **I. Allgemeiner Teil.** Einleitung. — Theoretische Grundlagen. — Mathematische Behandlung des Problems der Chromatographie. — Methodik. Geräte zur Säulenchromatographie. Geräte zur Papierchromatographie. Nachweis und Bestimmung der getrennten Fraktionen. Adsorbentien bzw. Träger; Lösungsmittel. — **II. Spezieller Teil.** Trennung, Identifizierung und Bestimmung der Aminosäuren. Analytische Trennung. Präparative Trennung. — Isolierung, Trennung und Charakterisierung von Peptiden, Peptid-Derivaten und verwandten Verbindungen. Vorwiegend Ionenaustausch. Vorwiegend Additionsadsorption. Vorwiegend Verteilung. — Weitere Anwendungsbeispiele chromatographischer Methoden. Aminosäureanalysen von Proteinen, Anwendungen chromatographischer Methoden auf Untersuchungen des Aminosäure- und Proteinstoffwechsels. Endgruppenbestimmung in Proteinen. — Trennung und Charakterisierung von Proteinen. Ionenaustausch und Adsorption. Fällungs- (speziell Aussalzungs-) Chromatographie von Proteinen. Verteilung. — **III. Verwandte Methoden.** Gegenstromverteilung zwischen begrenzt mischbaren Phasen („counter current distribution"). Ionophorese bzw. Elektrophorese in Trägern. — **Namenverzeichnis.**

Der Leitgedanke bei der Abfassung des Manuskripts war der, eine solche Auswahl zu treffen, daß für ein bestimmtes Problem durch Analogie eine Beurteilung der besten methodischen Möglichkeiten abzuleiten sein sollte. Darum wurden die experimentellen Details der methodisch wertvollsten Arbeiten so ausführlich zitiert, daß ein Nacharbeiten ohne Einsicht der Originalstelle möglich wird. Wo immer angängig, wurde versucht, durch Abbildungen, graphische Darstellungen oder Tabellen das Wesentliche anschaulicher, prägnanter und kürzer zu fassen als durch umständliche Texte. Diskussionen über die Leistungsfähigkeit und die Grenzen der einzelnen Verfahren sowie Darlegungen wichtiger theoretischer Zusammenhänge vervollständigen das Werk.

Gegenstromverteilung

Von Privatdozent Dr. **H. M. Rauen** und Dr. **W. Stamm.** (Anleitungen für die chemische Laboratoriumspraxis, Bd. VI.) Mit 65 Abbildungen. VII, 81 Seiten Gr.-8°. 1953. DM 12.80

Inhaltsübersicht: I. Einleitung. II. Der Nernstsche Verteilungssatz. III. Theorie der Verteilung. IV. Experimentelle Bestimmung des Verteilungskoeffizienten und Analyse von Gegenstromverteilungen. V. Das Verfahren. VI. Die verschiedenen Methoden der Gegenstromverteilung. VII. Die mathematische Behandlung der Gegenstromverteilung. VIII. Die Leistungsfähigkeit der Gegenstromverteilung. IX. Anwendungsbeispiele. Literatur. Sachverzeichnis.

Die Gegenstromverteilung, eine Methode, die erst vor wenigen Jahren in den USA entwickelt wurde, ist heute aus dem Schatz der Laboratoriumsmethoden nicht mehr wegzudenken. Sie erlaubt die Trennung winziger Mengen von Substanzgemischen ohne Veränderung der Komponenten und hat in der analytischen, organischen, biologischen Chemie, aber auch in der präparativen Chemie (Chemie der Naturstoffe!) tausendfache Anwendung gefunden. In vorliegender Monographie, der ersten über diesen Gegenstand überhaupt, entwickeln die Verfasser die theoretischen Grundlagen und geben, gestützt auf zahlreiche praktische Beispiele, die unmittelbar nachgearbeitet werden können, einen Überblick über den Bereich der Anwendbarkeit der Methode.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Moderne Methoden der Pflanzenanalyse

Herausgegeben von K. Paech, Tübingen, und M. V. Tracey, Rothamsted.

In 4 Bänden. Jeder Band ist einzeln käuflich.

Modern Methods of Plant Analysis

Edited by K. Paech, Tuebingen, and M. V. Tracey, Rothamsted.

In 4 Volumes. Each volume available separately.

Im August 1955 wird erscheinen:

Vierter Band:

Bearbeitet von H. G. Albaum, A. Benitez, B. T. Cromwell, J. Duckworth, E. F. Hartree, K. Hasse, E. Jucker, R. Markham, J. R. P. O'Brien, J. Pace, R. A. Peters, N. W. Pirie, P. Seifert, J. H. C. Smith, A. Stoll, F. M. Strong, R. L. M. Synge, M. Thomas, M. V. Tracey, E. Werle. Mit 82 Abbildungen. Etwa 785 Seiten Gr.-8°. 1955.

Vorbestellpreis gültig bis zum Erscheinen Ganzleinen DM 116.—

Endgültiger Ladenpreis nach Erscheinen Ganzleinen DM 145.—

Bei Verpflichtung zur Abnahme des Gesamtwerkes gilt der Vorbestellpreis auch nach Erscheinen des vierten Bandes weiter als Subskriptionspreis.

Inhaltsübersicht: Peptides (Bound Amino Acids) and Free Amino Acids. By Dr. R. L. M. Synge, F. R. S., The Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeenshire, Great Britian. — Proteins (inclusive Virus proteins). By Dr. N. W. Pirie, F. R. S., Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Herts., Great Britain. — Seed Proteins. By Dr. J. Pace, Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Herts; Great Britain. — Methods of Determining the Nutritive Value of Proteins. By Dr. J. Duckworth, The Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeenshire, Great Britain. — Urea and Ureides. By M. V. Tracey, M. A., Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Herts., Great Britain. — Chlorophylls: Analysis in Plant Materials. By Prof. J. H. C. Smith and A. Benitez, Department of Plant Biology, Carnegie Institution of Washington, Stanford University, Stanford, California, USA. — Haematin Compounds. By Dr. E. F. Hartree, Molteno Institute, Cambridge, Great Britain. — Nucleic Acids, their Components and Related Compounds. By Dr. R. Markham, Molteno Institute, Cambridge, Great Britain. — Adenosine Diphosphate, Adenosine Triphosphate. By Prof. H. G. Albaum, Ph. D., Biology Research Laboratory, Brooklyn College, Brooklyn, N.Y., USA. — Codehydrasen I und II (Diphosphopyridin-nucleotid und Triphospho-pyridin-nucleotid). Von Prof. Dr. K. Hasse, Institut für organische Chemie der Technischen Hochschule, Karlsruhe. — Thiamine and its Derivatives. By Sir R. A. Peters, F. R. S., and Dr. J. R. P. O'Brien, Department of Biochemistry, Univ. Museum, Oxford, Great Britain. — The Alkaloids. By Dr. B. T. Cromwell, Department of Botany, The University, Hull, Great Britain. — Amine und Betaine. Coenzym-A. Von Prof. Dr. Dr. E. Werle, München. — Riboflavin, Folic Acid and Biotin. By Dr. F. M. Strong, Department of Biochemistry, University of Wisconsin, Madison, Wisc., USA. — Blausäure-Verbindungen. Von Privatdozent Dr. Dr. P. Seifert, Universität Heidelberg. — Melanins. By Prof. M. Thomas, F. R. S., Department of Botany, King's College, Newcastle-upon-Tyne, Great Britain. — Senföle, Lauchöle und andere schwefelhaltige Pflanzenstoffe. Von Prof. Dr. A. Stoll und Dr. F. Jucker, Chemische Fabrik Sandoz, Basel. — Sachverzeichnis (deutsch-englisch). Subject-Index (English-German).

Ende Juni erscheint:

Dritter Band: Mit 77 Abbildungen. Etwa 775 Seiten Gr.-8°. 1955. Ganzleinen DM 138.—
Bei Verpflichtung zur Abnahme des Gesamtwerkes Subskriptionspreis Ganzleinen DM 110.40

Im Herbst 1955 erscheint der erste Band.

Am 12. Dezember 1954 erschien:

Zweiter Band. Mit 48 Abbildungen. XII, 626 Seiten Gr.-8°. 1955. Ganzleinen DM 110.—
Bei Verpflichtung zur Abnahme des Gesamtwerkes Subskriptionspreis Ganzleinen DM 88.—

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG